Б. С. Доброборский
С. А. Евтюков
В. И. Григорьев

ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ БЕЗОПАСНОСТИ

МОНОГРАФИЯ

2025

Б.С. Доброборский, С.А. Евтюков, В.И. Григорьев

Введение в теорию безопасности

МОНОГРАФИЯ

Санкт-Петербург

2025

УДК 614.8(075.8)

Доброборский Б.С., Евтюков С.А., Григорьев В.И. **Введение в теорию безопасности /** монография. Издательский дом «Петрополис», Санкт-Петербург, 2025. – 306 с.

Рецензенты:
В.И. Ложкин, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России им. Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зинченко, профессор кафедры аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства.
И.А.Новиков, доктор технических наук, профессор, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, директор транспортно-технологического института.
Ю.Г. Лазарев, доктор технических наук, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, директор высшей школы промышленно-гражданского и дорожного строительства.

В монографии приводятся материалы традиционных решений проблем безопасности, основанных на используемых в биологии и медицине методов наблюдения и эксперимента, не обеспечивающих возможность объективной количественной оценки исследуемых процессов, и решения этих проблем методами, основанными на анализе свойств живых организмов как неравновесных термодинамических систем, что позволило определить природу и закономерности исследуемых процессов, дать им объективную количественную оценку и определить эффективные пути повышения безопасности. Монография будет полезна для специалистов, инженерно-технических работников и менеджеров предприятий строительного, автомобильно-дорожного и транспортного комплекса.

ISBN 978-5-9676-1711-9

© Доброборский Б.С. 2025
© Евтюков С.А. 2025
© Григорьев В.И. 2025

Содержание

Введение 8
Часть 1. Основные проблемы безопасности и традиционные методы их решения 10
1. Основные методы исследований в традиционной биологии и медицине 10
2. Традиционные методы исследований безопасности в биологии и медицине 21
2.1. Гигиеническое нормирование 23
2.1.1. Основные понятия, используемые при гигиенической оценке условий труда 25
2.1.2. Общие принципы гигиенической классификации условий труда 27
2.1.3. Гигиенические критерии и классификация условий труда при воздействии факторов рабочей среды и трудового процесса 29
2.1.4. Классификация условий труда по показателю тяжести трудового процесса 31
2.1.5. Методика оценки тяжести трудового процесса 33
2.1.6. Классификация условий труда по показателю напряженности трудового процесса 41
2.1.7. Методика оценки напряженности трудового процесса 43
2.1.8. Нагрузки интеллектуального характера 43
2.1.9. Сенсорные нагрузки 50
2.1.10. Эмоциональные нагрузки 56
2.1.11. Монотонные нагрузки 61
2.1.12. Режим работы 62
2.1.13. Общая оценка напряженности трудового процесса 63
2.2. Системы стандартов безопасности труда 66
2.3. Системы стандартов эргономических требований и эргономического обеспечения 69
2.4. Технические регламенты 70
3. Традиционные методы исследований функционирования мозга и психики 73
3.1. Основные сведения 73

3.2. Принципы координационной деятельности центральной нервной системы 77
3.3. Традиционное понятие о психике человека и проблемы безопасности 79
3.3.1. Основные понятия о психике 79
3.3.2. Психология 82
3.3.2.1. Методы психологии 82
3.3.2.2. Анализ методов тестов. Тест Векслера 88
3.3.2.3. Клиническая психология 95
3.3.3. Психиатрия 100
3.3.3.1. Основные задачи психиатрии 100
3.3.3.2. Методологические основы диагностики в психиатрии 101
3.3.3.3. Методы в психиатрии 102
3.3.3.4. Основные сведения о психодиагностике в психиатрии 103
3.3.3.5. Порядок проведения психодиагностического исследования 104
3.3.3.6. Рекомендации по использованию методик психодиагностики 106
3.3.3.7. Перечень психодиагностических методик, которые могут применяться в процессе клинического интервью 107
3.3.3.8. Массовые психозы 109
3.3.3.9. Проблема судебно-психиатрической экспертизы 110
4. Некоторые не решенные техногенные проблемы безопасности 114
4.1. Безопасность дорожного движения 114
4.1.1. Требования безопасности к техническому состоянию автотранспортных средств 115
4.1.2. Требования к безопасности автомобильных дорог 116
4.1.3. Обеспечение безопасности дорожного движения техническими средствами организации дорожного движения 117
4.1.4. Правила дорожного движения 135

4.1.5. Медицинское освидетельствование водителей транспортных средств 136
4.1.6. Особенностей режима рабочего времени и времени отдыха, условий труда водителей автомобилей 137
4.1.7. Статистические исследования дорожно-транспортных происшествий и нарушений правил дорожного движения 145
4.2. Анализ причин тяжелых и массовых аварий 150
4.2.1. Авария на Саяно-Шушенской ГЭС 150
4.2.1.1. Обстоятельства, причины возникновения и развития чрезвычайной ситуации техногенного характера 150
4.2.1.2. Хронология аварии и режим энергоснабжения в зоне действия аварии 151
4.2.1.3. Причины разрушения второго гидроагрегата СШ ГЭС 154
4.2.1.4. Причины развития чрезвычайной ситуации 158
4.2.1.5. Некоторые выводы 159
4.2.1.6. Последствия аварии 160
4.2.1.7. Анализ и выводы в сфере технической политики 164
4.2.1.8. Экология, безопасность эксплуатации плотины Саяно-Шушенского водохранилища, проблемы и задачи 171
4.2.1.9. Основные причины, приведшие к аварии 172
4.2.2. Авария круизного судна «Costa Concordia» 176
4.2.3. Авария на шахте «Распадская» 183
4.2.4. Аварии танкеров в Керченском проливе 188
4.2.5. Анализ человеческого фактора в причинах техногенных аварий 192
4.3. Человеческий фактор как основной источник аварий 194
Часть 2. Пути решение проблем безопасности с позиции физики 198
1. Активные и пассивные термодинамические системы 198
2. Анализ природы теплового излучения 206

3. Термодинамические принципы функционирования живых организмов 213
3.1. Общие сведения о фотосинтезе и хемосинтезе 213
3.1.1. Фотосинтез 213
3.1.2. Хемосинтез 217
3.2. Первый закон термодинамики биологических систем (Э.С. Бауэра) 219
3.3. Биологические ритмы как способ существования живой материи 219
3.3.1. Историческая справка 219
3.3.2. Природа биоритмов. Второй закон термодинамики биологических систем (Б.С. Доброборского) 222
3.3.3. Собственная и принудительная частота биоритмов 229
3.4. Фенотипическая адаптация 232
3.4.1. Сущность фенотипической адаптации 235
3.4.2. Механизмы фенотипической адаптации 237
3.4.3. Основные закономерности реакций на нагрузки 241
3.4.3.1. Реакции на одиночную нагрузку 241
3.4.3.2. Реакции организма на периодическую нагрузку 247
3.4.3.3. Оперативная фенотипическая адаптация 249
3.4.3.4. Устойчивая фенотипическая адаптация 250
3.4.4. Фенотипическая адаптация и окружающая среда 256
3.4.4.1. Основные закономерности изменений параметров окружающей среды 256
3.4.4.2. Внешняя среда и жизнедеятельность живых организмов 258
3.5. Анализ и количественная оценка воздействия различных нагрузок 262
3.5.1. Компьютерная программа «Loqus 2003.1En 263
3.5.2. Объективная количественная оценка безопасности 265
4. Анализ системы «человек – машина» и их безопасности 265
4.1. Определение системы «человек – машина» 265
4.2. Основные параметры системы «человек – машина» 268

4.3. Принципы взаимодействия человека с инструментами и машинами 272
4.3.1. Основные закономерности взаимодействия организма человека с инструментами 272
4.3.2. Основные виды машин и их взаимодействия с человеком 273
4.3.3. Надежность функционирования систем «человек – машина» 280
4.3.4. Закономерность вероятности отказов машины 283
4.3.5. Закономерность вероятности отказов человека и человеческий фактор 289
4.3.6. Решение проблем безопасности путем оптимизации и автоматизации функционирования систем «человек – машина» 291
4.3.7. Основные сведения из теории решений изобретательских задач (ТРИЗ) 295
4.4. Основные сведения из теории решений изобретательских задач (ТРИЗ) 296
4.4.1. О теории решений изобретательских задач 296
4.4.2. Примеры решений проблем безопасности с помощью ТРИЗ 298
4.5. Решения проблем уменьшения вероятности дорожно-транспортных происшествий 302
4.5.1. Анализ технологии управления автотранспортным средством 303
4.5.2. Анализ основных технических параметров автотранспортных средств 306
4.5.3. Анализ систем безопасности автомобилей 308
4.5.3.1. Системы активной безопасности 308
4.5.3.2. Системы пассивной безопасности 310
4.5.4. Эффективность систем безопасности 311
4.6. Анализ безопасности автомобильных дорог 311
Список литературы 316

Введение

Проблема создания общей теории безопасности весьма актуальна, так как с ее помощью возможна общая, интегральная количественная ее оценка, а также анализ, определение и количественная оценка причин и источников опасности, что, в свою очередь, позволит своевременно предусмотреть необходимые меры для ее уменьшения или ликвидации.

К настоящему времени под теорией безопасности понимают область знаний, интегрирующих прикладные аспекты политических, социальных, военных, экономических, технических, гуманитарных, биологических, медицинских и других наук, ориентированных на исследование сущности, содержания, методов, форм, органов, сил и средств обеспечения безопасности личности, общества и государства в условиях комплексного воздействия внешних и внутренних факторов различного характера. Изданные к настоящему времени работы, посвященные теории безопасности, в основном содержат общие рассуждения о предмете в связи с отсутствием средств, позволяющих определить закономерность и количественную оценку источников опасности.

Однако мы все и окружающий нас мир представляем собой материальные системы, подчиняющиеся законам физики. С этой позиции анализ функционирования живых организмов, включая человека, должен исходить из особенностей их функционирования как биохимических систем, в которых происходит преобразование энергии продуктов питания в другие виды энергии.

Действующими силами материального мира, не понятыми до конца, являются поля: гравитационное, электрическое, магнитное и другие, благодаря которым все тела взаимодействуют друг с другом, и весь материальный мир находится в неравновесном термодинамическом состоянии и постоянном движении.

Кроме того, внутри тел, представляющих собой термодинамические системы, также происходят соответствующие термодинамические процессы.

Живые организмы тоже находятся в неравновесном термодинамическом состоянии как по отношению к другим телам, так и в результате внутренних процессов преобразования энергии посредством биохимических реакций, закономерность которых и основные свойства описывается термодинамикой биологических систем. Это позволяет определить наиболее эффективные пути обеспечения необходимого уровня безопасности.

В настоящей монографии изложены основные положения традиционных путей обеспечения безопасности в области труда, теории термодинамики биологических систем и методы определения закономерности, объективной количественной оценки и путей ее повышения. В монографии использованы материалы из работ различных авторов, перечень которых приведен в списке литературы.

Часть 1

Основные проблемы безопасности и традиционные методы их решения

1. Основные методы исследований в традиционной биологии и медицине

В традиционной биологии и медицине живой организм определяется следующим образом:

Живой организм, в отличие от неживой материи, обладает рядом особых признаков: химический состав, клеточное строение, обмен энергией и веществами с окружающей средой, рост и развитие, изменчивость, раздражимость, адаптация, саморегуляция, целостность и дискретность.

Процесс научного познания принято разделять на две стадии: эмпирическую и теоретическую. На эмпирической стадии используются следующие методы.

- Описательный и сравнительный методы

В основе описательных и сравнительных методов лежит наблюдение. Наблюдение представляет собой изучение объектов живой природы в естественных условиях путем непосредственного наблюдения за их обитанием: поведением, расселением, размножением, визуальное или инструментальное определение характеристик организмов, их клеток, органов и тканей.

- Экспериментальный метод

Экспериментальный метод основан на исследованиях живых объектов при экстремальном воздействии факторов среды – измененной температуры, освещенности или влажности, повышенной нагрузки, токсичности или радиоактивности, изменении места развития (удаление или пересадка генов,

клеток, органов, космические полеты и т. п.). Экспериментальный метод позволяет выявить скрытые свойства, пределы приспособительных возможностей живых систем, степень их гибкости, надежности, изменчивости.

- Исторический метод

Исторический метод выявляет историю развития биологических объектов, их происхождение. Сопоставляют анатомическое строение, химический состав, структуру генов и другие признаки у организмов разного уровня сложности. При этом исследуются не только ныне живущие организмы, но и давно вымершие, сохранившиеся в виде окаменелых остатков, а также моделирование биологических процессов, как на уровне организмов, клеток или биомолекул, так и математическое моделирование.

- Системный метод

При использовании системного метода живые объекты рассматриваются как системы элементов с определенными взаимосвязями. Каждый объект рассматривается одновременно и как система, и как элемент системы более высокого порядка.

-Теоретические исследования

При теоретических исследованиях используются следующие методы:

- обобщение накопленных фактов;
- выдвижение новых гипотез;
- эксперименты;
- сравнение;
- моделирование.

В случае подтверждения гипотез их могут в течение определенного времени применять в качестве законов, пока эти гипотезы не будет опровергнуты.

В связи с этим одной из основных проблем традиционной биологии и медицины является объективная количественная оценка наблюдаемых процессов, причем не столько в некоторых единицах измерения, а по отношению к живым организмам, каждый из которых является уникальным.

С другой стороны, учитывая огромное количество физиологических показателей, которыми характеризуется состояние живого организма, провести полноценные исследования для каждого из них является на современном этапе развития цивилизации неразрешимой проблемой.

Однако вполне допустимой задачей является предварительный ориентировочный анализ, позволяющий в дальнейшем значительно сузить объем исследований.

Одним из таких путей является разработка физиологических норм, характерных для подавляющего числа живых организмов.

Медицинское понятие нормы прошло несколько этапов эволюции.

По мере развития анатомии и физиологии его связывали с морфофизиологической организацией человека. Патологическим стали считать такой признак, который не встречается у большинства особей данного вида.

При изучении массовых явлений такой подход позволяет решать ряд практических задач, например, исчисление стандартов физического развития, нормирование воздействия факторов внешней среды и т.д. На основе средних значений физиологических показателей у людей различного возраста определена их норма для каждого периода жизни.

Если считать главной характеристикой болезни значимое отклонение структуры и функции от среднестатистической нормы, то на практике легко прийти к императивной необходимости коррекции любого из выявленных отклонений. Между тем, некоторые состояния болезни являются жизненно необходимой адаптационной реакцией. Если такого пациента «загнать» в рамки общепринятой нормы реакции для здорового человека, то это может быть более опасным для его жизни, чем возникшие отклонения. При этом необходимо учитывать соотетситвующие изменения, связанные с возрастом. При этом последовательная смена циклов онтогенеза определяется генетической программой и работой генов переключения (switch-генов), контролирующих все фазы развития и обеспечивающих соответствующие возрасту обмен веществ, биоэнергетику и иммунитет. Программное регулирование определяется

унаследованной нормой реагирования. Каждый человек, обладая в целом генетически детерминированными в популяции пределами модификационной изменчивости или «нормы реакции генотипа», имеет фенотипически очерченные, типологические особенности реактивности. У совершенно здоровых людей в зависимости от конституциональных особенностей имеют место значительные различия функциональных возможностей органов и систем, обусловленные их индивидуальной нормой реакции. При этом варианты нормы проявляются на разных уровнях, в том числе в особенностях обмена веществ и энергии.

Индивидуальные колебания величин физиологических показателей у здоровых людей при воздействии на них факторов окружающей среды характеризуют индивидуальную реакцию организма на внешнее воздействие, индивидуальную способность с большим или меньшим успехом адаптироваться к тем или иным условиям внешнего мира.

Под «нормальным» состоянием организма целесообразно понимать не столько нахождение определенных показателей в заданных диапазонах значений, соответствующих статистической норме, сколько сохранение функционального уровня саморегулирующейся системы, т.е. способности обеспечить устойчивость своего состояния в различных условиях внешней среды.

Математическая интерпретация понятия «норма» показала, что ее границы лежат в пределах, описываемых функцией нормального распределения вероятности.

В связи с отсутствием в традиционных биологии и медицине методов количественной оценки биологических процессов, для этой цели используются различные классификации и ссылки на авторитетов.

В частности, S. Israel выделил 4 уровня нормы — минимальный, большинства, идеальный и специальный (для спортсменов, летчиков, космонавтов). Такой подход позволяет ввести количественную характеристику в оценку уровня здоровья. При этом одной из важнейших задач в физиологии считается разработка критериев и способов выявления самых минимальных из

изменений в организме, возникающих при субэкстремальных воздействиях, поскольку они могут стать основой наиболее эффективных профилактических мероприятий.

В связи с этим в традиционной медицине считается, что ранняя донозологическая диагностика открывает возможность, двигаясь по шкале «полное здоровье — предболезнь», устанавливать также границы норм человека и среды, определять потенциал (величину) здоровья на индивидуальном и популяционном уровне.

Основой теоретического решения проблемы «норма» по мнению биологов является диалектическая методология, опирающаяся на систему «человек — природа — общество». В связи с этим в свое время были введены понятия популяционной, биоценотической, экологической, социальной и биосферной нормы. Особое значение имеет социальная норма. Считается, что биологическая адаптированность человека нормальна лишь в тех пределах, в каких она обеспечивает его оптимальную деятельность в качестве члена общества. Именно процесс превращения биологического индивида в индивидуальность называется социализацией.

Для оценки физиологических функций Р.М. Баевский предложил систему оценки и прогнозирования уровня здоровья, базирующуюся на индивидуальном подходе к человеку с учетом его конституциональных особенностей, на количественной оценке резервных возможностей организма. Она включает в себя:

• оценку уровня здоровья не на основе поиска заболеваний или даже их ранних форм, а на основе определения адаптационных возможностей организма («цены» адаптации к условиям окружающей среды);

• определение ведущих патогенетических факторов, вызывающих у обследуемого наибольшее напряжение регуляторных механизмов, и, таким образом, наиболее опасных для развития в будущем патологических отклонений;

• формирование индивидуальных оздоровительно-профилактических рекомендаций, исходя из соотношений (вкладов) патогенетических факторов и адаптационных возможностей организма.

Ранняя диагностика функциональных отклонений позволяет прогнозировать развитие болезни еще до появления ее признаков. Основным прогностическим критерием является уровень адаптационных возможностей организма, а его снижение — ведущей причиной возникновения и развития болезней. В качестве критериев пониженных резервных возможностей предложено выделять такие нарушения, как:

• гиперактивация стресс-инициирующих проявлений и, прежде всего, симпатоадреналовой системы;

• сниженный потенциал антиоксидантной защиты и других стресс-лимитирующих систем (простагландины, эндорфины, ГАМК и др.);

• наличие стресс-повреждающих эффектов и, прежде всего, признаков деструкции клеточных мембран;

• признаки невротизации личности; • нарушение психофизиологического статуса; • нарушение биологического ритма функциональных параметров;

• нарушение рефлекторного ответа и энергобиоинформационные расстройства;

• пониженная переносимость функциональных нагрузочных проб (физической нагрузки, гипоксической пробы, статокинетической пробы, вестибулярных нагрузок, ортостатической пробы, метаболических нагрузочных проб).

Степень напряжения регуляторных систем может быть охарактеризована показателями вегетативного гомеостаза. Например, на основе функциональных типов конституции предложено выделение групп риска у детей с адаптационно-компенсаторной дисфункцией гипотонической и гипертонической направленности.

На пути поисков простых и доступных способов для массовой ранней диагностики функциональных отклонений предлагались различные подходы.

Преимущественное развитие получили тесты на основе применения интенсивных, кратковременных и строго дозированных нагрузок (физических или умственных), так называемые функциональные пробы. Дозированная физическая нагрузка традиционной биологией считается универсальным тестовым средством и эталоном, измеряющим энергетический резерв основных функциональных систем, хотя этот факт ничем не доказан.

В этой связи В.И. Вернадский определяет организм как открытую термодинамическую систему, устойчивость (жизнеспособность) которой определяется ее энергопотенциалом!?. Он почему-то считал, что чем больше мощность и емкость реализуемого энергопотенциала, а также эффективность его расходования, тем выше уровень здоровья индивида.

Поскольку преобладающей долей в общей сумме энергопотенциала является аэробная энергопродукция, то на этом основании теперь уже Г.Л. Апанасенко предложил считать основным критерием физического здоровья максимальную величину аэробных возможностей организма, а максимальное потребление кислорода (МПК) — показателем количества здоровья. Величина МПК характеризует количество кислорода, которое организм способен усвоить (потребить) в единицу времени (за 1 мин). Она связана с эффективностью аппарата внешнего дыхания, морфофункциональным состоянием миокарда, объемной скоростью кровотока, кислородной емкостью крови и т.д. МПК является также показателем степени совершенства вегетативных систем в организме.

В свою очередь Н. М. Амосов ввёл понятие «количество здоровья», определяющее резервные возможности организма, основанное на его мнении о том, что здоровье — это максимальная производительность органов при сохранении качественных пределов их функций.

Количественная оценка здоровья по Амосову позволяет:

- человеку стремиться к постоянному увеличению количества здоровья;

- провести сравнительную характеристику резервов основных функциональных систем своего организма;
- контролировать динамику изменения количества здоровья на любом этапе своей жизни;
- не ориентироваться на среднестатистическую «норму» здоровья, сравнивая себя с популяцией в целом, а лишь с самим собой.

Количество здоровья определяется подсчётом средней арифметической величины от ряда (не менее пяти) функциональных проб, показатели которых сопоставляются с нормой (100% от должных величин для данного возраста).

Установить фактическую величину МПК прямым путем трудно, поэтому в массовой практике (особенно в спортивной медицине) широкое распространение получили косвенные методы определения максимальной аэробной производительности расчетным путем. Из получивших признание методов количественной характеристики функциональных резервов можно назвать исследование физической работоспособности человека тестом PWC170 (physical work capacity). Термином «физическая работоспособность» обозначается потенциальная способность человека проявлять максимум физического усилия в статической, динамической или смешанной работе. Задачей при изучении физической работоспособности является определение состояния приспособления важных для совершения физической работы органов и систем. Характеризуя по данным PWC170 уровень физической работоспособности в динамике, можно получить представление о надежности функционирования организма, состоянии важнейших физиологических систем, обеспечивающих доставку кислорода. Ценность этого метода заключается в том, что он в интегральном виде отражает функциональные сдвиги и рассогласования в деятельности организма.

Одним из методов распознавания и оценки донозологических состояний является предложенный Р.М. Баевским и используемый поначалу в космической медицине анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР). Оценка ВСР базируется на представлении о сердечно-сосудистой системе как универсальном

индикаторе самых разнообразных нарушений, происходящих в организме, и главном показателе его адаптационных возможностей. Система кровообращения пронизывает весь организм. Часть ее функциональных резервов является ресурсами других систем организма, которые прямо или косвенно связаны с выполнением основной функции кровообращения — доставкой тканям адекватного количества кислорода и питательных веществ. Благодаря деятельности механизмов регуляции, система кровообращения быстро приспосабливается к непрерывно изменяющимся условиям окружающей среды и вовремя создает необходимый кровоток через работающие органы. Изменение ритма сердца — это общая оперативная реакция целостного организма в ответ на любое воздействие факторов внешней среды. Оно происходит под действием регуляторных систем, обеспечивающих поддержание гомеостаза. В наиболее простом варианте модель регуляции сердечного ритма может быть представлена в виде двух взаимосвязанных уровней: центрального и автономного с прямой и обратной связью.

Центральная регуляция включает в себя многочисленные звенья от подкорковых центров продолговатого мозга до гипоталамо-гипофизарного уровня вегетативной регуляции и коры головного мозга и ассоциируется с симпатоадреналовыми влияниями на ритм сердца. Рабочими структурами автономного уровня регуляции являются синусовый узел, блуждающие нервы и их ядра в продолговатом мозгу (контур парасимпатической регуляции).

Прямая связь между автономными и центральными уровнями регуляции осуществляется через нервные (в основном симпатические) и гуморальные связи.

Обратная связь обеспечивается афферентной импульсацией с барорецепторов сердца и сосудов, хеморецепторов и обширных рецепторных зон различных органов и тканей. Резервные мощности системы кровообращения создают запас прочности на случай не адекватных воздействий на организм. Чем они выше, тем меньше усилий требуется для адаптации. Судить о них можно на основе сопоставления показателей миокардиально-гемодинамического и

вегетативного гомеостаза. При этом первый выступает в качестве управляемого, а второй — управляющего элементов в этой двухконтурной системе.

С учетом роли каждого из них в реализации адаптационных реакций организма переход от одного функционального состояния к другому происходит в результате изменений одного из трех свойств биосистемы: уровня функционирования, функционального резерва, степени напряжения регуляторных механизмов.

В донозологических состояниях изменения вегетативного гомеостаза являются преобладающими. Отклонения в состоянии миокардиально-гемодинамического гомеостаза свойственны в основном специфическим преморбидным состояниям и нозологическим формам заболеваний.

Анализ ВСР позволяет оценить риск развития заболевания с помощью измерения общего напряжения регуляторных механизмов, нейрогуморальной регуляции сердца и соотношения между симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной системы [5]. Он основан на распознавании и измерении временных интервалов между R-зубцами ЭКГ, построения кардиоинтервалограммы и последующего анализа полученных числовых рядов различными математическими методами. Информация о состоянии систем, регулирующих ритм сердца, заключена в «функциях разброса» длительностей кардиоинтервалов.

Для оценки резервных возможностей системы регуляции кровообращения Р.М. Баевский и А.П. Берсенева предложили также использование и более простого функционального теста — активной ортостатической пробы. Регистрация сердечного ритма и артериального давления проводится в положении лежа, затем стоя. При переходе из одного положения в другое возникает временный застой циркулирующей крови в емкостных сосудах. Вследствие этого снижается приток крови в правые отделы сердца, уменьшается сердечный выброс и снижается артериальное давление. Эти изменения запускают компенсаторные механизмы регуляции. Проба позволяет получить информацию о реактивности обоих отделов автономной нервной системы,

отражает напряжение адаптационно-компенсаторных механизмов и степень адекватности процессов адаптации, обеспечивающих переход из одного положения в другое, а затем поддержание нового положения.

Аналогичную задачу можно решать с помощью индекса функциональных изменений (ИФИ). Для его вычисления нужны данные о частоте пульса (ЧП), систолическом и диастолическом артериальном давлении (САД и ДАД), росте (Р), массе тела (МТ) и возрасте (В). ИФИ = 0,011ЧП + 0,014 САД + 0,008 ДАД + + 0,024 В + 0,009 МТ – 0,009 Р – 0,27 Значения ИФИ позволяют классифицировать адаптационный потенциал по уровням: удовлетворительная адаптация (2,59), напряжение механизмов адаптации (2,6–3,09), не удовлетворительная адаптация (3,10–3,49), срыв адаптации (3,50 и выше). Оценка функционирования системы по ИФИ при всей своей простоте обеспечивает системный подход к решению задачи количественного измерения уровня здоровья. Это определяется тем, что ИФИ как комплексный интегральный показатель отражает сложную структуру взаимосвязей, характеризующую уровень функционирования сердечно-сосудистой системы. Для определения типа преобладающей вегетативной регуляции существует большой выбор вегетативных проб. Наиболее простым для использования при скрининговых оценках состояния здоровья является вегетативный индекс Кердо [17]: ВИ = (1 – Д/Р) × 100, где ВИ — вегетативный индекс; Д — величина диастолического давления; Р — частота сердечных сокращений в минуту. При полном вегетативном равновесии (эйтонии) в сердечно-сосудистой системе ВИ = 0, при положительном коэффициенте преобладают симпатические влияния, при отрицательном — парасимпатические. Ранняя диагностика функциональных отклонений и коррекция выявленных нарушений находится в сфере компетенции нового направления медицинской науки и практического здравоохранения — восстановительной медицины. Объектом ее внимания являются не проявления и признаки болезни, а нарушения системной организации важнейших физиологических функций организма. Как наука, восстановительная медицина изучает закономерности процессов сохранения и восстановления

функциональных резервов человека для обоснования выбора адекватных способов коррекции адаптивных возможностей человека на всех этапах профилактики.

Из приведенного обзора следует, что для оценки физиологического состояния человека в принципе существует ряд методов, не основанных метрологтчески, но позволяющих сориентировпаться при необходимости получения той или иной оценки.

Однако, если для измерения физиологических функций к настоящему времени разработано огромное количество различных приборов, то оценкой психологического состояния человека, которой в настоящее время занимаются психология и психиатрия, в основе которых лежат те же принципы исследований, является большой проблемой.

2. Традиционные методы исследований безопасности в биологии и медицине

Безопасность – комплекс условий, при которых воздействующие на живые организмы факторы внешней и внутренней среды по своим параметрам обеспечивают возможность их нормальной жизнедеятельности. На человека и человеческое общество в той или иной степени воздействуют целый ряд опасных факторов, параметры которых могут привести к угрозе здоровья и жизни.

Развития человеческой цивилизации, направленной на повышение качества жизни, сопровождается появлением новых опасных факторов, для обеспечения безопасности от воздействия которых принимаются соответствующие меры.

Для определения степени опасности тех или иных факторов и принятия мер для защиты от них биологами и врачами разрабатываются соответствующие нормативные документы, благодаря которым должен обеспечиваться необходимый уровень безопасности.

Однако это происходит далеко не всегда. И основной причиной такой ситуации являются принципы традиционных исследований, принятых в биологии и медицине.

По принятому определению биология - наука о живых существах и их взаимодействии со средой обитания, исследует все аспекты жизни, в частности структуру, функционирование, рост, происхождение, эволюцию и распределение живых организмов на Земле, а также классифицирует и описывает живые существа, происхождение их видов, взаимодействие между собой и с окружающей средой.

Те же методы используют физиологи и врачи-гигиенисты при исследованиях и оценке воздействия на живые организмы, включая человека различных факторов.

Таким образом, ни биологией, ни медициной не ставится задача определения сущности происходящих процессов и их количественной оценки.

Для обеспечения безопасности жизнедеятельности к настоящему времени разработан целый ряд нормативных документов, регламентирующих величину воздействующих факторов:

1. Санитарные правила и нормы (СанПиНы), руководства по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда,
2. Система стандартов безопасности труда;
3. Система стандартов эргономических требований и эргономического обеспечения;
4. Технические регламенты.

Кроме того, разработаны и ведомственные нормативные документы: строительные нормы и правила (СНиПы), инструкции по технике безопасности и другие.

Одним из основных нормативных документов является гигиеническое нормирование.

2.1. Гигиеническое нормирование

В Российской Федерации для обеспечения общих подходов к решению проблем гигиенической безопасности труда был разработан документ "Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда" (далее - Руководство), которое включает гигиенические критерии оценки факторов рабочей среды, тяжести и напряженности трудового процесса и гигиеническую классификацию условий труда по показателям вредности и опасности.

Руководство необходимо применять с целью:

-контроля состояния условий труда работника на соответствие действующим санитарным правилам и нормам, гигиеническим нормативам и получения санитарно-эпидемиологического заключения; - установления приоритетности проведения профилактических мероприятий и оценки их эффективности;

- создания банка данных по условиям труда на уровне организации, отрасли и др.;

- аттестации рабочих мест по условиям труда и сертификации работ по охране труда в организации; - составления санитарно-гигиенической характеристики условий труда работника.

Работа в условиях превышения гигиенических нормативов является нарушением Законов Российской Федерации: "Основы законодательства Российской Федерации об охране здоровья граждан", "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения", "Об основах охраны труда в Российской Федерации" и основанием для использования органами и учреждениями Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека и другими контролирующими организациями в пределах предоставленных им законом прав для применения санкций за вредные и опасные условия труда.

В тех случаях, когда работодатель по обоснованным технологическим и иным причинам не может в полном объеме обеспечить соблюдение гигиенических нормативов на рабочих местах, он должен обеспечить безопасность для здоровья человека выполняемых работ.

Это может быть достигнуто посредством выполнения комплекса защитных мероприятий (организационных, санитарно-гигиенических, ограничения по времени воздействия фактора на работника - рациональные режимы труда и отдыха, средства индивидуальной защиты и др.).

При этом работник имеет право получить достоверную информацию об условиях труда, степени их вредности, возможных неблагоприятных последствиях для здоровья, необходимых средствах индивидуальной защиты и медико-профилактических мероприятиях.

Превышение гигиенических нормативов, обусловленное особенностями профессиональной деятельности работников и регламентированное отраслевыми, национальными или международными актами (например, труд летчиков, моряков, водолазов, пожарных, спасателей и т.п.), является основанием для использования рациональных режимов труда и отдыха и мер социальной защиты в данных профессиях. Фактические условия труда в этих профессиях оценивают в соответствии с этим Руководством.

Работа в опасных (экстремальных) условиях труда не допускается, за исключением ликвидации аварий, проведения экстренных работ для предупреждения аварийных ситуаций. При этом работа должна проводиться в соответствующих средствах индивидуальной защиты и при соблюдении режимов, регламентированных для таких работ.

Допустимое время контакта работников отдельных профессиональных групп, занятых во вредных условиях труда (защита временем), работодатель устанавливает по согласованию с территориальными управлениями Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

2.1.1. Основные понятия, используемые при гигиенической оценке условий труда

Условия труда – совокупность факторов трудового процесса и рабочей среды, в которой осуществляется деятельность человека. Вредный фактор рабочей среды - фактор среды и трудового процесса, воздействие которого на работника может вызывать профессиональное заболевание или другое нарушение состояния здоровья, повреждение здоровья потомства.

Вредными факторами могут быть: - физические факторы - температура, влажность, скорость движения воздуха, тепловое излучение; неионизирующие электромагнитные поля (ЭМП) и излучения - электростатическое поле; постоянное магнитное поле (в т.ч. гипогеомагнитное); электрические и магнитные поля промышленной частоты (50 Гц); широкополосные ЭМП, создаваемые ПЭВМ; электромагнитные излучения радиочастотного диапазона; широкополосные электромагнитные импульсы; электромагнитные излучения оптического диапазона (в т.ч. лазерное и ультрафиолетовое); ионизирующие излучения; производственный шум, ультразвук, инфразвук; вибрация (локальная, общая); аэрозоли (пыли) преимущественно фиброгенного действия; освещение - естественное (отсутствие или недостаточность), искусственное (недостаточная освещенность, пульсация освещенности, избыточная яркость, высокая неравномерность распределения яркости, прямая и отраженная слепящая блесткость); электрически заряженные частицы воздуха - аэроионы; - химические факторы - химические вещества, смеси, в т.ч. некоторые вещества биологической природы (антибиотики, витамины, гормоны, ферменты, белковые препараты), получаемые химическим синтезом и/или для контроля которых используют методы химического анализа; - биологические факторы - микроорганизмы-продуценты, живые клетки и споры, содержащиеся в бактериальных препаратах, патогенные микроорганизмы - возбудители инфекционных заболеваний; - факторы трудового процесса. Тяжесть труда - характеристика трудового процесса, отражающая преимущественную нагрузку

на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма (сердечно-сосудистую, дыхательную и др.), обеспечивающие его деятельность. Тяжесть труда характеризуется физической динамической нагрузкой, массой поднимаемого и перемещаемого груза, общим числом стереотипных рабочих движений, величиной статической нагрузки, характером рабочей позы, глубиной и частотой наклона корпуса, перемещениями в пространстве. Напряженность труда - характеристика трудового процесса, отражающая нагрузку преимущественно на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную сферу работника. К факторам, характеризующим напряженность труда, относятся: интеллектуальные, сенсорные, эмоциональные нагрузки, степень монотонности нагрузок, режим работы. Опасный фактор рабочей среды - фактор среды и трудового процесса, который может быть причиной острого заболевания или внезапного резкого ухудшения здоровья, смерти. В зависимости от количественной характеристики и продолжительности действия отдельные вредные факторы рабочей среды могут стать опасными. Гигиенические нормативы условий труда (ПДК, ПДУ) - уровни вредных факторов рабочей среды, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч, но не более 40 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не должны вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений. Соблюдение гигиенических нормативов не исключает нарушение состояния здоровья у лиц с повышенной чувствительностью. Гигиенические нормативы обоснованы с учетом 8-часовой рабочей смены. При большей длительности смены, но не более 40 часов в неделю, в каждом конкретном случае возможность работы должна быть согласована с территориальными управлениями Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека с учетом показателей здоровья работников (по данным периодических медицинских осмотров и др.), наличия жалоб на условия труда и обязательного соблюдения гигиенических нормативов.

2.1.2. Общие принципы гигиенической классификации условий труда

Гигиенические критерии - это показатели, характеризующие степень отклонений параметров факторов рабочей среды и трудового процесса от действующих гигиенических нормативов. Классификация условий труда основана на принципе дифференциации указанных отклонений, за исключением работ с возбудителями инфекционных заболеваний, с веществами, для которых должно быть исключено вдыхание или попадание на кожу (противоопухолевые лекарственные средства, гормоны-эстрогены, наркотические анальгетики), которые дают право отнесения условий труда к определенному классу вредности за потенциальную опасность.

Исходя из степени отклонения фактических уровней факторов рабочей среды и трудового процесса от гигиенических нормативов, условия труда по степени вредности и опасности условно подразделяются на 4 класса: оптимальные, допустимые, вредные и опасные. Оптимальные условия труда (1 класс) - условия, при которых сохраняется здоровье работника и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности. Оптимальные нормативы факторов рабочей среды установлены для микроклиматических параметров и факторов трудовой нагрузки. Для других факторов за оптимальные условно принимают такие условия труда, при которых вредные факторы отсутствуют либо не превышают уровни, принятые в качестве безопасных для населения. Допустимые условия труда (2 класс) характеризуются такими уровнями факторов среды и трудового процесса, которые не превышают установленных гигиенических нормативов для рабочих мест, а возможные изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время регламентированного отдыха или к началу следующей смены и не оказывают неблагоприятного действия в ближайшем и отдаленном периоде на состояние здоровья работников и их потомство.

Допустимые условия труда условно относят к безопасным. Вредные условия труда (3 класс) характеризуются наличием вредных факторов, уровни которых превышают гигиенические нормативы и оказывают неблагоприятное действие на организм работника и/или его потомство. Вредные условия труда по степени превышения гигиенических нормативов и выраженности изменений в организме работников условно разделяют на 4 степени вредности.

В классификации в основном использована качественная характеристика изменений в организме работников, которая будет дополняться количественными показателями по мере накопления информации о рисках нарушения здоровья.

1 степень 3 класса (3.1) - условия труда характеризуются такими отклонениями уровней вредных факторов нормативов, которые вызывают функциональные изменения, восстанавливающиеся, как правило, при более длительном (чем к началу следующей смены) прерывании контакта с вредными факторами, и увеличивают риск повреждения здоровья; 2 степень 3 класса (3.2) - уровни вредных факторов, вызывающие стойкие функциональные изменения, приводящие в большинстве случаев к увеличению профессионально обусловленной заболеваемости (что может проявляться повышением уровня заболеваемости с временной утратой трудоспособности и, в первую очередь, теми болезнями, которые отражают состояние наиболее уязвимых для данных факторов органов и систем), появлению начальных признаков или легких форм профессиональных заболеваний (без потери профессиональной трудоспособности), возникающих после продолжительной экспозиции (часто после 15 и более лет); 3 степень 3 класса (3.3) - условия труда, характеризующиеся такими уровнями факторов рабочей среды, воздействие которых приводит к развитию, как правило, профессиональных болезней легкой и средней степеней тяжести (с потерей профессиональной трудоспособности) в периоде трудовой деятельности, росту хронической (профессионально обусловленной) патологии; 4 степень 3 класса (3.4) - условия труда, при которых могут возникать тяжелые формы профессиональных заболеваний (с потерей

общей трудоспособности), отмечается значительный рост числа хронических заболеваний и высокие уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности. Опасные (экстремальные) условия труда (4 класс) характеризуются уровнями факторов рабочей среды, воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) создает угрозу для жизни, высокий риск развития острых профессиональных поражений, в т.ч. и тяжелых форм.

2.1.3. Гигиенические критерии и классификация условий труда при воздействии факторов рабочей среды и трудового процесса

Общие методические требования к организации и проведению контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны" (далее - методические требования) регламентируют порядок осуществления контроля за содержанием вредных химических веществ и аэрозолей преимущественно фиброгенного действия в воздухе рабочей зоны: выбору мест (точек) отбора, продолжительности, периодичности, оценке результатов измерения в целях получения сопоставимых данных по загрязнению воздуха рабочей зоны. 1.2. Контроль содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны проводится при сравнении измеренных среднесменных и максимальных концентраций с их предельно допустимыми значениями - максимально разовыми (ПДК) и среднесменными (ПДК) нормативами. м сс Среднесменная концентрация - это концентрация, усредненная за 8-часовую рабочую смену. Максимальная (максимально разовая) концентрация - концентрация вредного вещества при выполнении операций (или на этапах технологического процесса), сопровождающихся максимальным выделением вещества в воздух рабочей зоны, усредненная по результатам непрерывного или дискретного отбора проб воздуха за 15 мин. для химических веществ и 30 мин. для аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (АПФД). Для веществ, опасных для развития острого отравления (с остронаправленным механизмом действия,

раздражающие вещества), максимальную концентрацию определяют из результатов проб, отобранных за возможно более короткий промежуток времени, как это позволяет метод определения вещества.

Планирование стратегии отбора проб начинается с определения задач, решение которых предусматривается при проведении исследования. Среднесменные концентрации определяют для характеристики уровней воздействия вещества в течение смены, расчета индивидуальной экспозиции (в т.ч. пылевой нагрузки при воздействии АПФД), выявления связи изменений состояния здоровья работника с условиями труда (при этом учитывается верхний предел колебаний концентраций - максимальные концентрации). Для веществ раздражающих и с остронаправленным механизмом действия при оценке связи выявленных нарушений состояния здоровья с условиями труда используют максимальные концентрации.

Информация о максимальных концентрациях необходима, прежде всего, для проведения инспекционного и производственного контроля за условиями труда, выявления неблагоприятных гигиенических ситуаций, решения вопроса о необходимости использования средств индивидуальной защиты, оценки технологического процесса, оборудования, санитарно-технических устройств.

Для решения вопроса о полноте контроля в соответствии с решаемыми задачами специалист, проводящий контроль, составляет перечень веществ, которые могут выделяться в воздух рабочей зоны при ведении технологического процесса.

С этой целью необходима следующая информация (предоставляется работодателем): - об используемых в технологическом процессе вредных веществах (агрегатное состояние, летучесть и др.), их соответствие нормативно-технической документации (сертификаты, ТУ, ГОСТ, др.); - о химических реакциях на всех этапах технологического процесса, возможности образования промежуточных и побочных продуктов, качественном составе продуктов деструкции, гидролиза, пиролиза и других возможных превращений; -

возможности сорбции химических веществ на частичках пыли, строительных конструкциях, оборудовании и последующей десорбции.

2.1.4. Классификация условий труда по показателю тяжести трудового процесса

Общая оценка по степени физической тяжести проводится на основе всех приведенных выше показателей. При этом вначале устанавливается класс по каждому измеренному показателю и вносится в протокол, а окончательная оценка тяжести труда устанавливается по показателю, отнесенному к наибольшему классу. При наличии двух и более показателей класса 3.1 и 3.2 общая оценка устанавливается на одну степень выше. Пример оценки тяжести труда Описание работы. Укладчица хлеба вручную в позе стоя (75% времени смены) укладывает готовый хлеб с укладочного стола в лотки. Одновременно берет 2 батона (в каждой руке по батону), весом 0,4 кг каждый (одноразовый подъем груза составляет 0,8 кг) и переносит на расстояние 0,8 м. Всего за смену укладчица укладывает 550 лотков, в каждом из которых по 20 батонов. Следовательно, за смену она укладывает 11000 батонов. При переносе со стола в лоток работница удерживает батоны в течение трех секунд. Лотки, в которые укладывают хлеб, стоят в контейнерах и при укладке в нижние ряды работница вынуждена совершать глубокие (более 30°) наклоны, число которых достигает 200 за смену. Проведем расчеты:

п. 1.1 - физическая динамическая нагрузка: 0,8 кг х 0,8 м х 5500 (т.к. за один раз работница поднимает 2 батона) = 3520 кгм - класс 3.1;

п. 2.2 - масса одноразового подъема груза: 0,8 кг - класс 1; п. 2.3 - суммарная масса груза в течение каждого часа смены - 0,8 кг х 5500 = 4400 кг и разделить на 8 ч работы в смену = 550 кг - класс 3.1;

п. 3.2 - стереотипные движения (региональная нагрузка на мышцы рук и плечевого пояса): количество движений при укладке хлеба за смену достигает 21000 - класс 3.1;

п. п. 4.1 - 4.2 - статическая нагрузка одной рукой: 0,4 кг х 3 с = 1,2 кгс, т.к. батон удерживается в течение 3 с. Статическая нагрузка за смену одной рукой 1,2 кгс х 5500 = 6600 кгс, двумя руками - 13200 кгс (класс 1);

п. 5 - рабочая поза: поза стоя до 80% времени смены - класс 3.1;

п. 6 - наклоны корпуса за смену - класс 3.1;

п. 7 - перемещение в пространстве: работница в основном стоит на месте, перемещения незначительные, до 1,5 км за смену. В таблице 1.1 приведены примеры классификации условий труда в зависимости от уровней шума, локальной и общей вибрации на рабочем месте.

Таблица 1.1 – Классы условий труда в зависимости от уровней шума, локальной и общей вибрации на рабочем месте

Название фактора, показатель, единица измерения	Класс условий труда					
	Допус-тимый	Вредный				Опас-ный
	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
	Превышение ПДУ до ___ дБ/раз (включительно):					
Шум, эквивалентный уровень звука, дБА	<= ПДУ <1>	5	15	25	35	> 35
Вибрация локальная, эквивалентный корректированный уровень (значение) виброскорости, виброускорения (дБ/раз)	<= ПДУ <2>	3/1,4	6/2	9/2,8	12/4	> 12/4
Вибрация общая, эквивалентный корректированный уровень вибро-скорости, виброускорения (дБ	<= ПДУ <2>	6/2	12/4	18/6	24/8	> 24/8

Как видно из таблицы 1.1, условия труда в зависимости от уровней шум, локальной и общей вибрации на рабочем месте классифицируются в условных единицах, без учета других факторов, например температуры воздуха, оказывающего в определенных случаях потенцирующее влияние на воздействие вибрации. В таблице 1.2 приведены классы условий труда по показателям тяжести трудового процесса.

Таблица 1.2 – Классы условий труда по показателям тяжести трудового процесса

Показатели тяжести трудового процесса	Классы условий труда			
	Оптимальный (легкая физическая нагрузка)	Допустимый (средняя физическая нагрузка)	Вредный тяжелый труд	
			1 степени	2 степени
	1	2	3.1	3.2
1	2	3	4	5
Физическая динамическая нагрузка (единицы внешней механической работы за смену, кг · м)				
1.1. При региональной нагрузке (с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса) при перемещении груза на расстояние до 1 м:				
для мужчин	до 2500	до 5000	до 7000	> 7000
для женщин	до 1500	до 3000	до 4000	> 4000
При общей нагрузке (с участием мышц рук, корпуса, ног):				
1.2.1 При перемещении груза на расстояние от 1 до 5 м:				
для мужчин	до 12500	до 25000	до 35000	более 35000
для женщин	до 7500	до 15000	до 25000	более 25000

2.1.5. Методика оценки тяжести трудового процесса

Тяжесть трудового процесса оценивают по ряду показателей, выраженных в эргометрических величинах, характеризующих трудовой процесс, независимо от индивидуальных особенностей человека, участвующего в этом процессе. Основными показателями тяжести трудового процесса являются:

- физическая динамическая нагрузка;

- масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную;

- стереотипные рабочие движения;

- статическая нагрузка;

- рабочая поза;

- наклоны корпуса;

- перемещение в пространстве.

Каждый из перечисленных показателей может быть количественно измерен и оценен в соответствии с методикой, приведенной ниже.

При выполнении работ, связанных с неравномерными физическими нагрузками в разные смены, оценку показателей тяжести трудового процесса (за исключением массы поднимаемого и перемещаемого груза и наклонов корпуса), следует проводить по средним показателям за 2 - 3 смены. Массу поднимаемого и перемещаемого вручную груза и наклоны корпуса следует оценивать по максимальным значениям.

Физическая динамическая нагрузка (выражается в единицах внешней механической работы за смену - кг х м) Для подсчета физической динамической нагрузки (внешней механической работы) определяется масса груза (деталей, изделий, инструментов и т.д.), перемещаемого вручную в каждой операции, и путь его перемещения в метрах. Подсчитывается общее количество операций по переносу груза за смену и суммируется величина внешней механической работы (кг х м) за смену в целом. По величине внешней механической работы за смену, в зависимости от вида нагрузки (региональная или общая) и расстояния перемещения груза, определяют, к какому классу условий труда относится данная работа. Пример 1. Рабочий (мужчина) поворачивается, берет с конвейера деталь (масса 2,5 кг), перемещает ее на свой рабочий стол (расстояние 0,8 м), выполняет необходимые операции, перемещает деталь обратно на конвейер и берет следующую. Всего за смену рабочий обрабатывает 1200 деталей. Для расчета внешней механической работы вес деталей умножаем на расстояние перемещения и еще на 2, так как каждую деталь рабочий перемещает дважды (на

стол и обратно), а затем на количество деталей за смену. Итого: 2,5 кг х 0,8 м х 2 х 1200 = 4800 кгм. Работа региональная, расстояние перемещения груза до 1 м, следовательно, по показателю 1.1 работа относится ко 2 классу.

Следовательно, по показателю 1.1 работа относится ко 2 классу. При работах, обусловленных как региональными, так и общими физическими нагрузками в течение смены и совместимых с перемещением груза на различные расстояния, определяют суммарную механическую работу за смену, которую сопоставляют со шкалой соответственно среднему расстоянию перемещения (табл. 17 Руководства). Пример 2. Рабочий (мужчина) переносит ящик с деталями (в ящике 8 деталей по 2,5 кг каждая, вес самого ящика 1 кг) со стеллажа на стол (6 м), затем берет детали по одной (масса 2,5 кг), перемещает ее на станок (расстояние 0,8 м), выполняет необходимые операции, перемещает деталь обратно на стол и берет следующую. Когда все детали в ящике обработаны, работник относит ящик на стеллаж и приносит следующий ящик. Всего за смену он обрабатывает 600 деталей. Для расчета внешней механической работы при перемещении деталей на расстояние 0,8 м вес деталей умножаем на расстояние перемещения и еще на 2, так как каждую деталь рабочий перемещает дважды (на стол и обратно), а затем на количество деталей за смену (0,8 м х 2 х 600 = 960 м). Итого: 2,5 кг х 960 м = 2400 кгм. Для расчета внешней механической работы при перемещении ящиков с деталями (21 кг) на расстояние 6 м вес ящика умножаем на 2 (так как каждый ящик переносили 2 раза), на количество ящиков (75) и на расстояние 6 м. Итого: 2 х 6 м х 75 = 900 м. Далее 21 кг умножаем на 900 м и получаем 18900 кгм. Итого за смену суммарная внешняя механическая работа составила 21300 кгм. Общее расстояние перемещения составляет 1860 м (900 м + 960 м). Для определения среднего расстояния перемещения 1800 м : 1350 раз и получаем 1,37 м. Следовательно, полученную внешнюю механическую работу следует сопоставлять с показателем перемещения от 1 до 5 м. В данном примере внешняя механическая работа относится ко 2 классу. 2. Масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную (кг) Для определения массы груза (поднимаемого или переносимого работником на протяжении смены, постоянно или при

чередовании с другой работой) его взвешивают на товарных весах. Регистрируется только максимальная величина. Массу груза можно также определить по документам. Пример 1. Рассмотрим предыдущий пример 2 пункта 1. Масса поднимаемого груза - 21 кг, груз поднимали 150 раз за смену, т.е. это часто поднимаемый груз (более 16 раз за смену) (75 ящиков, каждый поднимался 2 раза), следовательно, по этому показателю работу следует отнести к классу 3.2.

Для определения суммарной массы груза, перемещаемого в течение каждого часа смены, вес всех грузов за смену суммируется. Независимо от фактической длительности смены суммарную массу груза за смену делят на 8, исходя из 8-часовой рабочей смены. В случаях, когда перемещения груза вручную происходят как с рабочей поверхности, так и с пола, показатели следует суммировать. Если с рабочей поверхности перемещался больший груз, чем с пола, то полученную величину следует сопоставлять именно с этим показателем, а если наибольшее перемещение производилось с пола, то - с показателем суммарной массы груза в час при перемещении с пола. Если с рабочей поверхности и с пола перемещается равный груз, то суммарную массу груза сопоставляют с показателем перемещения с пола (примеры 2 и 3).

Пример 2. Рассмотрим пример 1 пункта 1. Масса груза 2,5 кг, следовательно, в соответствии с таблицей тяжесть труда по данному показателю относится к 1 классу. За смену рабочий поднимает 1200 деталей, по 2 раза каждую. В час он перемещает 150 деталей (1200 деталей : 8 часов). Каждую деталь рабочий берет в руки 2 раза, следовательно, суммарная масса груза, перемещаемая в течение каждого часа смены, составляет 750 кг (150 х 2,5 кг х 2). Груз перемещается с рабочей поверхности, поэтому эту работу по п. 2.3 можно отнести ко 2 классу. Пример 3. Рассмотрим пример 2 пункта 1. При перемещении деталей со стола на станок и обратно масса груза 2,5 кг умножается на 600 и на 2, получаем 3000 кг за смену. При переносе ящиков с деталями вес каждого ящика умножается на число ящиков (75) и на 25, получаем 3150 кг за смену. Общий вес за смену = 6150 кг, следовательно, в час - 769 кг. Ящики рабочий брал со стеллажа. Половина ящиков стояла на нижней полке (высота

над полом 10 см), половина - на высоте рабочего стола. Следовательно, больший груз перемещался с рабочей поверхности и именно с этим показателем надо сопоставлять полученную величину. По показателю суммарной массы груза в час работу можно отнести ко 2 классу.

Стереотипные рабочие движения (количество за смену, суммарно на две руки) Понятие "рабочее движение" в данном случае подразумевает движение элементарное, т.е. однократное перемещение рук (или руки) из одного положения в другое. Стереотипные рабочие движения в зависимости от амплитуды движений и участвующей в выполнении движения мышечной массы делятся на локальные и региональные. Работы, для которых характерны локальные движения, как правило, выполняются в быстром темпе (60 - 250 движений в минуту), и за смену количество движений может достигать нескольких десятков тысяч. Поскольку при этих работах темп, т.е. количество движений в единицу времени, практически не меняется, то, подсчитав с применением какого-либо автоматического счетчика число движений за 10 - 15 мин., рассчитываем число движений в 1 мин., а затем умножаем на число минут, в течение которых выполняется эта работа. Время выполнения работы определяем путем хронометражных наблюдений или по фотографии рабочего дня. Число движений можно определить также по числу знаков, напечатанных (вводимых) за смену (подсчитываем число знаков на одной странице и умножаем на число страниц, напечатанных за день). Пример 1. Оператор ввода данных в персональный компьютер печатает за смену 20 листов. Количество знаков на 1 листе - 2720. Общее число вводимых знаков за смену - 54400, т.е. 54400 мелких локальных движений. Следовательно, по данному показателю (п. 3.1 Руководства) его работу относят к классу 3.1. Региональные рабочие движения выполняются, как правило, в более медленном темпе и легко подсчитать их количество за 10 - 15 мин. или за 1 - 2 повторяемые операции, несколько раз за смену. После этого, зная общее количество операций или время выполнения работы, подсчитываем общее количество региональных движений за смену. Пример 2. Маляр выполняет около 80 движений большой амплитуды в минуту.

Всего основная работа занимает 65% рабочего времени, т.е. 312 минут за смену. Количество движений за смену = 24960 (312 х 80), что в соответствии с п. 3.2 Руководства позволяет отнести его работу к классу 3.1.

Статическая нагрузка (величина статической нагрузки за смену при удержании груза, приложении усилий, кгс х с) Статическая нагрузка, связанная с удержанием груза или приложением усилия, рассчитывается путем перемножения двух параметров: величины удерживаемого усилия (веса груза) и времени его удерживания. В процессе работы статические усилия встречаются в различных видах: удержание обрабатываемого изделия (инструмента), прижим обрабатываемого инструмента (изделия) к обрабатываемому изделию (инструменту), усилия для перемещения органов управления (рукоятки, маховики, штурвалы) или тележек. В первом случае величина статического усилия определяется весом удерживаемого изделия (инструмента). Вес изделия определяется путем взвешивания на весах. Во втором случае величина усилия прижима может быть определена с помощью тензометрических, пьезокристаллических или других датчиков, которые необходимо закрепить на инструменте или изделии. В третьем случае усилие на органах управления можно определить с помощью динамометра или по документам. Время удерживания статического усилия определяется на основании хронометражных измерений (или по фотографии рабочего дня). Оценка класса условий труда по этому показателю должна осуществляться с учетом преимущественной нагрузки: на одну, две руки или с участием мышц корпуса и ног. Если при выполнении работы встречается 2 или 3 указанных выше нагрузки (нагрузки на одну, две руки и с участием мышц корпуса и ног), то их следует суммировать и суммарную величину статической нагрузки соотносить с показателем преимущественной нагрузки (п. п. 4.1 - 4.3 Руководства). Пример 1. Маляр (женщина) промышленных изделий при окраске удерживает в руке краскопульт весом 1,8 кгс, в течение 80% времени смены, т.е. 23040 с. Величина статической нагрузки будет составлять 41427 кгс х с (1,8 кгс х 23040 с). Работа по данному показателю относится к классу 3.1.

Рабочая поза Характер рабочей позы (свободная, неудобная, фиксированная, вынужденная) определяется визуально. К свободным позам относят удобные позы сидя, которые дают возможность изменения рабочего положения тела или его частей (откинуться на спинку стула, изменить положение ног, рук). Фиксированная рабочая поза - невозможность изменения взаимного положения различных частей тела относительно друг друга. Подобные позы встречаются при выполнении работ, связанных с необходимостью в процессе деятельности различать мелкие объекты. Наиболее жестко фиксированы рабочие позы у представителей тех профессий, которым приходится выполнять свои основные производственные операции с использованием оптических увеличительных приборов - луп и микроскопов. К неудобным рабочим позам относятся позы с большим наклоном или поворотом туловища, с поднятыми выше уровня плеч руками, с неудобным размещением нижних конечностей. К вынужденным позам относятся рабочие позы лежа, на коленях, на корточках и т.д. Абсолютное время (в минутах, часах) пребывания в той или иной позе определяется на основании хронометражных данных за смену, после чего рассчитывается время пребывания в относительных величинах, т.е. в процентах к 8-часовой смене (независимо от фактической длительности смены). Если по характеру работы рабочие позы разные, то оценку следует проводить по наиболее типичной позе для данной работы. Пример 1. Врач-лаборант около 40% рабочего времени смены проводит в фиксированной позе - работает с микроскопом. По этому показателю работу можно отнести к классу 3.1. Работа в положении стоя - необходимость длительного пребывания работающего человека в ортостатическом положении (либо в малоподвижной позе, либо с передвижениями между объектами труда). Следовательно, время пребывания в положении стоя будет складываться из времени работы в положении стоя и из времени перемещения в пространстве. Пример 2. Дежурный электромонтер (длительность смены - 12 часов) при вызове на объект выполняет работу в положении стоя. На эту работу и на перемещение к месту работы у него уходит 4 часа за смену. Следовательно, исходя из 8-часовой смены, 50% рабочего

времени он проводит в положении стоя - класс 2. 6. Наклоны корпуса (количество за смену).

Число наклонов за смену определяется путем их прямого подсчета в единицу времени (несколько раз за смену), затем рассчитывается число наклонов за все время выполнения работы, либо определением их количества за одну операцию и умножением на число операций за смену.

Глубина наклонов корпуса (в градусах) измеряется с помощью любого простого приспособления для измерения углов (например, транспортира). При определении угла наклона можно не пользоваться приспособлениями для измерения углов, т.к. известно, что у человека со средними антропометрическими данными наклоны корпуса более 30° встречаются, если он берет какие-либо предметы, поднимает груз или выполняет действия руками на высоте не более 50 см от пола.

Пример. Для того чтобы взять детали из контейнера, стоящего на полу, работница совершает за смену до 200 глубоких наклонов (более 30°). По этому показателю труд относят к классу 3.1. 7. Перемещение в пространстве (переходы, обусловленные технологическим процессом, в течение смены по горизонтали или вертикали - по лестницам, пандусам и др., км) Самый простой способ определения этой величины - с помощью шагомера, который можно поместить в карман работающего или закрепить на его поясе, определить количество шагов за смену (во время регламентированных перерывов и обеденного перерыва шагомер снимать). Количество шагов за смену умножить на длину шага (мужской шаг в производственной обстановке в среднем равняется 0,6 м, а женский - 0,5 м), и полученную величину выразить в км. Перемещением по вертикали можно считать перемещения по лестницам или наклонным поверхностям, угол наклона которых более 30° от горизонтали. Для профессий, связанных с перемещением как по горизонтали, так и по вертикали, эти расстояния можно суммировать и сопоставлять с тем показателем, величина которого была больше.

2.1.6. Классификация условий труда по показателю напряженности трудового процесса

В таблице 1.3 приведены классы условий труда по показателям напряженности трудового процесса.

Таблица 1.3 – Классы условий труда по показателям напряженности трудового процесса

Показатели напряженности трудового процесса	Класс условий труда			
	Оптимальный	Допустимый	Вредный	
	Напряжен-ность труда легкой степени	Напряженность труда средней степени	Напряженный труд	
			1 степени	2 степени
	1	2	3.1	3.2
1. Интеллектуальные нагрузки				
1.1.Содержание работы	Отсутствует необходимость принятия решения	Решение простых задач по инструкции	Решение сложных задач с выбором по известным алгоритмам (работа по серии инструкций)	Эвристическая (творческая) деятельность, требующая решения алгоритма, единоличное руководство в сложных ситуациях
1.2. Восприятие сигналов (информации и их оценка)	Восприятие сигналов, но не требуется коррекция действий	Восприятие сигналов с последующей коррекцией	Восприятие сигналов с последующим сопоставлени-ем фактиче-ских	Восприятие сигналов с последующей комплексной

		действий и операций	значений параметров с их номиналь-ными значе-ниями.	оценкой свя-занных па-раметров.
2. Сенсорные нагрузки				
2.1. Длительность сосредоточенного наблюдения (% времени смены)	До 25	26 – 50	51 – 75	Более 75
2.2. Плотность сигналов (све-товых, звуковых) и сообще-ний в среднем за 1 час работы	До 75	76 – 175	176 – 300	Более 300
3. Эмоциональные нагрузки				
3.1. Степень ответственности за результат собственной деятельности. Значимость ошибки	Несет ответ-ственность за выполнение от-дельных эле-ментов заданий. Влечет за собой дополнитель-ные усилия в работе со сто-роны работника	Несет ответ-ственность за функциональ-ное качество вспомогатель-ных работ (за-даний). Влечет за собой допол-нительные уси-лия со стороны вышестоящего руководства (бригадира, мас-тера и т.п.)	Несет ответ-ственность за функциональ-ное качество основной рабо-ты(задания). Влечет за собой исправления за счет дополни-тельных усилий всего коллекти-ва (группы, бри-гады и т.п.)	Несет ответ-ственность за функциональ-ное качество продукции, ра-боты, задания. Влечет за со-бой повреж-дение обору-дования, ос-тановку тех-нологического процесса и может возникнуть опасность для жизни

2.1.7. Методика оценки напряженности трудового процесса

Напряженность трудового процесса оценивают в соответствии с настоящими "Гигиеническими критериями оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса". Оценка напряженности труда профессиональной группы работников основана на анализе трудовой деятельности и ее структуры, которые изучаются путем хронометражных наблюдений в динамике всего рабочего дня, в течение не менее одной недели. Анализ основан на учете всего комплекса производственных факторов (стимулов, раздражителей), создающих предпосылки для возникновения неблагоприятных нервно-эмоциональных состояний (перенапряжения). Все факторы (показатели) трудового процесса имеют качественную или количественную выраженность и сгруппированы по видам нагрузок: интеллектуальные, сенсорные, эмоциональные, монотонные, режимные нагрузки.

2.1.8. Нагрузки интеллектуального характера

"Содержание работы" указывает на степень сложности выполнения задания: от решения простых задач до творческой (эвристической) деятельности с решением сложных заданий при отсутствии алгоритма. Различия между классами 2 и 3.1 практически сводятся к двум пунктам: "решение простых" (класс 2) или "сложных задач с выбором по известным алгоритмам" (класс 3.1) и "решение задач по инструкции" (класс 2) или "работа по серии инструкций" (класс 3.1). В случае применения оценочного критерия "простота - сложность решаемых задач" можно воспользоваться таблицей, где приведены некоторые характерные признаки простых и сложных задач.

Например, в задачу лаборанта химического анализа входят подзадачи (операции): отбор проб (как правило), приготовление реактивов, обработка проб (с помощью химрастворов, сжигания) и количественная оценка содержания анализируемых веществ в пробе. Каждая подзадача имеет четкие инструкции, ясно сформулированные цели и предопределенный конечный результат с известной последовательностью действий, т.е. по указанным выше признакам он решает простые задачи (класс 2). Работа инженера-химика, например, носит совершенно иной характер. Вначале он должен определить качественный состав пробы, используя иногда сложные методы качественного анализа (планирование задачи, выбор последовательности действий и анализ результатов подзадачи), затем разработать модель выполнения работ для лаборантов, используя информацию, полученную при решении предыдущей подзадачи. Затем, на основе всей полученной информации, инженер проводит окончательную оценку результатов, т.е. задача может быть решена только с помощью алгоритма как логической совокупности правил (класс 3.1). Применяя оценочный критерий "работа по инструкции - работа по серии инструкций", следует обратить внимание на то, что иногда число инструкций, характеризующих содержание работы, не является достаточно надежной характеристикой интеллектуальных нагрузок. Например, лаборант химического анализа может работать по нескольким инструкциям, тогда как заведующий химлабораторией работает по одной должностной инструкции. Поэтому здесь следует обращать внимание на те случаи, когда общая инструкция, являясь формально единственной, содержит множество отдельных инструкций, и в этом случае оценивать деятельность как работу по серии инструкций. Различия между классами 3.1 и 3.2 по показателю "содержание работы" (интеллектуальные нагрузки) заключаются лишь в одной характеристике - используются ли решения задач по известным алгоритмам (класс 3.1) либо эвристические приемы (класс 3.2). Они отличаются друг от друга наличием или отсутствием гарантии получения правильного результата. Алгоритм - это логическая совокупность правил, которая, если ей следовать, всегда приводит к верному решению задачи. Эвристические приемы - это

некоторые эмпирические правила (процедуры или описания), пользование которыми не гарантирует успешного выполнения задачи. Следовательно, классом 3.2 должна оцениваться такая работа, при которой способы решения задачи заранее не известны.

Дополнительным признаком класса 3.2 является "единоличное руководство в сложных ситуациях". Здесь необходимо рассматривать лишь те ситуации, которые могут возникнуть внезапно (как правило, это предаварийные или аварийные ситуации) и имеют чрезвычайный характер (например, возможность остановки технологического процесса, поломки сложного и дорогостоящего оборудования, возникновение опасности для жизни), а также если руководство действиями других лиц в таких ситуациях обусловлено должностной инструкцией, действующей на аттестуемом рабочем месте. Таким образом, классом 3.1 необходимо оценивать такие работы, где принятие решений происходит на основе необходимой и достаточной информации по известному алгоритму (как правило, это задачи диагностики или выбора), а классом 3.2 оценивать работу, когда решения необходимо принимать в условиях неполной или недостаточной информации (как правило, это решения в условиях неопределенности), а алгоритм решения отсутствует. Имеет значение и постоянство решения таких задач. Например, диспетчер энергосистемы решает обычно задачи, оцениваемые классом 3.1, а при возникновении аварийных ситуаций - и задачи класса 3.1, если задача является типичной и встречавшейся ранее, и класса 3.2, если такая ситуация встречается впервые. Поскольку задачи класса 3.2 встречаются намного реже, работу диспетчера следует оценить по критерию "содержание работы" классом 3.1. Примеры. Наиболее простые задачи решают лаборанты (1 класс условий труда), а деятельность, требующая решения простых задач, но уже с выбором (по инструкции), характерна для медицинских сестер, телефонистов, телеграфистов и т.п. (2 класс). Сложные задачи, решаемые по известному алгоритму (работа по серии инструкций), имеют место в работе руководителей, мастеров промышленных предприятий, водителей транспортных средств, авиадиспетчеров и др. (класс 3.1). Наиболее сложная по содержанию

работа, требующая в той или иной степени эвристической (творческой) деятельности, установлена у научных работников, конструкторов, врачей разного профиля и др. (класс 3.2).

"Восприятие сигналов (информации) и их оценка". Критериальным с точки зрения различий между классами напряженности трудового процесса является установочная цель (или эталонная норма), которая принимается для сопоставления поступающей при работе информации с номинальными значениями, необходимыми для успешного хода рабочего процесса. К классу 2 относится работа, при которой восприятие сигналов предполагает последующую коррекцию действий или операций. При этом под действием следует понимать элемент деятельности, в процессе которого достигается конкретная, не разлагаемая на более простые, осознанная цель, а под операцией - законченное действие (или сумма действий), в результате которого достигается элементарная технологическая цель. Например, у токаря обработка простой детали выполняется посредством ряда операций (закрепление детали, обработка наружной и внутренней поверхностей, обрезание уступов и т.д.), каждая из которых включает ряд элементарных действий, иногда называемых приемами. Коррекция действий и операций здесь заключается в сравнении с определенными несложными и не связанными между собой "эталонами", операции являются отдельными и законченными элементарными составными частями технологического процесса, а воспринимаемая информация и соответствующая коррекция носит характер "правильно - неправильно" по типу процесса идентификации, для которой характерно оперирование целостными эталонами. К типичным примерам можно отнести работу контролера, станочника, электрогазосварщика и большинства представителей массовых рабочих профессий, основой которых является предметная деятельность. "Эталоном" при работах, характеризующихся по данному показателю напряженностью класса 3.1, является совокупность информации, характеризующей наличное состояние объекта труда при работах, основой которых является интеллектуальная деятельность. Коррекция (сравнение с

эталоном) производится здесь по типу процесса опознавания, включая процессы декодирования, информационного поиска и информационной подготовки решения на основе мышления с обязательным использованием интеллекта, т.е. умственных способностей исполнителя. К таким работам относится большинство профессий операторского и диспетчерского типа, труд научных работников. Восприятие сигналов с последующим сопоставлением фактических значений параметров (информации) с их номинальными требуемыми уровнями отмечается в работе медсестер, мастеров, телефонистов и телеграфистов и др. (класс 3.1). Классом 3.2 оценивается работа, связанная с восприятием сигналов с последующей комплексной оценкой всей производственной деятельности. В этом случае, когда трудовая деятельность требует восприятия сигналов с последующей комплексной оценкой всех производственных параметров (информации), соответственно такой труд по напряженности относится к классу 3.2 (руководители промышленных предприятий, водители транспортных средств, авиадиспетчеры, конструкторы, врачи, научные работники и т.д.). 1.3. "Распределение функций по степени сложности задания". Любая трудовая деятельность характеризуется распределением функций между работниками. Соответственно, чем больше возложено функциональных обязанностей на работника, тем выше напряженность его труда.

По данному показателю класс 2 (допустимый) и класс 3 (напряженный труд) различаются по двум характеристикам - наличию или отсутствию функции контроля и работы по распределению заданий другим лицам. Классом 3.1 характеризуется работа, обязательным элементом которой является контроль выполнения задания. Здесь имеется в виду контроль выполнения задания другими лицами, поскольку контроль выполнения своих заданий должен оцениваться классом 2 (обработка, выполнение задания и его проверка, которая, по сути, и является контролем). Примером работ, включающих контроль выполнения заданий, может являться работа инженера по охране труда, инженера производственно-технического отдела и др. Классом 3.2 оценивается по данному показателю такая работа, которая включает не только контроль, но и

предварительную работу по распределению заданий другим лицам. Так, трудовая деятельность, содержащая простые функции, направленные на обработку и выполнение конкретного задания, не приводит к значительной напряженности труда. Примером такой деятельности является работа лаборанта (класс 1). Напряженность возрастает, когда осуществляется обработка, выполнение с последующей проверкой выполнения задания (класс 2), что характерно для таких профессий, как медицинские сестры, телефонисты и т.п. Обработка, проверка и, кроме того, контроль за выполнением задания указывает на большую степень сложности выполняемых функций работником, и, соответственно, в большей степени проявляется напряженность труда (мастера промышленных предприятий, телеграфисты, конструкторы, водители транспортных средств - класс 3.1). Наиболее сложная функция - это предварительная подготовительная работа с последующим распределением заданий другим лицам (класс 3.2), которая характерна для таких профессий, как руководители промышленных предприятий, авиадиспетчеры, научные работники, врачи и т.п.

"Характер выполняемой работы" - в том случае, когда работа выполняется по индивидуальному плану, то уровень напряженности труда невысок (1 класс - лаборанты). Если работа протекает по строго установленному графику с возможной его коррекцией по мере необходимости, то напряженность повышается (2 класс - медсестры, телефонисты, телеграфисты и др.). Еще большая напряженность труда характерна, когда работа выполняется в условиях дефицита времени (класс 3.1 - мастера промышленных предприятий, научные работники, конструкторы). Наибольшая напряженность (класс 3.2) характеризуется работой в условиях дефицита времени и информации. При этом отмечается высокая ответственность за конечный результат работы (врачи, руководители промышленных предприятий, водители транспортных средств, авиадиспетчеры). Таким образом, критериями для отнесения работ по данному показателю к классу 3.1 (напряженный труд 1 степени) является работа в условиях дефицита времени. В практике работы под дефицитом времени понимают, как правило, большую загруженность работой, на основании чего

практически любую работу оценивают по данному показателю классом 3.1. Здесь необходимо руководствоваться требованием настоящего Руководства, согласно которому оценку условий труда должны выполнять при проведении технологических процессов в соответствии с технологическим регламентом. Поэтому классом 3.1 по показателю "характер выполняемой работы" должна оцениваться лишь такая работа, при которой дефицит времени является ее постоянной и неотъемлемой характеристикой, и при этом успешное выполнение задания возможно только при правильных действиях в условиях такого дефицита. Напряженный труд 2 степени (класс 3.2) характеризует такую работу, которая происходит в условиях дефицита времени и информации с повышенной ответственностью за конечный результат.

В отношении дефицита времени следует руководствоваться изложенными выше соображениями, а что касается повышенной ответственности за конечный результат, то такая ответственность должна быть не только субъективно осознаваемой, поскольку на любом рабочем месте исполнитель такую ответственность осознает и несет, но и возлагаемой на исполнителя должностной инструкцией. Степень ответственности должна быть высокой - это ответственность за нормальный ход технологического процесса (например, диспетчер, машинист котлов, турбин и блоков на энергопредприятии), за сохранность уникального, сложного и дорогостоящего оборудования и за жизнь других людей (мастера, бригадиры).

В качестве примера степени ответственности приведем работу врачей. Работа далеко не всех врачей характеризуется одинаковым уровнем напряженности по характеру работы: например, работа врачей скорой помощи, хирургов (оперирующих), травматологов, анестезиологов, реаниматоров, без сомнения, может быть оценена по рассматриваемому показателю классом 3.2 (дефицит времени, информации и повышенная ответственность за конечный результат), тогда как работа, например, врачей поликлиники - терапевтов, окулистов и других - таким критериям не соответствует, так же как работа, например, врачей-гигиенистов.

2.1.9. Сенсорные нагрузки

Длительность сосредоточенного наблюдения (в % от времени смены) - чем больше процент времени отводится в течение смены на сосредоточенное наблюдение, тем выше напряженность. Общее время рабочей смены принимается за 100%. Пример. Наибольшая длительность сосредоточенного наблюдения за ходом технологического процесса отмечается у операторских профессий: телефонисты, телеграфисты, авиадиспетчеры, водители транспортных средств (более 75% смены - класс 3.2). Несколько ниже значение этого параметра (51 - 75%) установлено у врачей (класс 3.1). От 26 до 50% значения этого показателя колебалось у медицинских сестер, мастеров промышленных предприятий (2 класс). Самый низкий уровень этого показателя наблюдается у руководителей предприятия, научных работников, конструкторов (1 класс - до 25% от общего времени смены). В основе этого процесса, характеризующего напряженность труда, лежит сосредоточение или концентрация внимания на каком-либо реальном (водитель) или идеальном (переводчик) объекте, поэтому данный показатель следует трактовать шире, как "длительность сосредоточения внимания", которое проявляется в углубленности в деятельность. Определяющей характеристикой здесь является именно сосредоточение внимания в отличие от пассивного характера наблюдения за ходом технологического процесса, когда исполнитель периодически, время от времени контролирует состояние какого-либо объекта. Различия здесь определяются следующим. Длительное сосредоточенное наблюдение необходимо в тех профессиях, где состояние наблюдаемого объекта все время изменяется и деятельность исполнителя заключается в периодическом решении ряда задач, непрерывно следующих друг за другом, на основе получаемой и постоянно меняющейся информации (врачи-хирурги в процессе операции, корректоры, переводчики, авиадиспетчеры, водители, операторы радиолокационных станций и т.д.). Наиболее часто по данному критерию встречаются две ошибки. Первая заключается в том, что данным показателем оцениваются такие работы, когда наблюдение не является сосредоточенным, а

осуществляется в дискретном режиме, как, например, у диспетчеров на щитах управления технологическими процессами, когда они время от времени отмечают показания приборов при нормальном ходе процесса. Вторая ошибка состоит в том, что высокие показатели по длительности сосредоточенного наблюдения присваиваются априорно, только из-за того, что в профессиональной деятельности данная характеристика ярко выражена, как, например, у водителей. Так, у водителей транспортных средств длительность сосредоточенного наблюдения в процессе управления транспортным средством в среднем более 75% времени смены; на этом основании работа всех водителей оценивается по данному показателю классом 3.2. Однако это справедливо далеко не для всех водителей. Например, этот показатель существенно ниже у водителей вахтовых и пожарных автомобилей, а также автомобилей, на которых смонтировано специальное оборудование (бурильные, паровые установки, краны и др.). Поэтому данный показатель необходимо оценивать в каждом конкретном случае по его фактическому значению, получаемому либо с помощью хронометража, либо иным способом. Например, у сварщиков длительность сосредоточенного наблюдения достаточно точно можно определить, измерив время сгорания одного электрода и подсчитав число использованных за рабочую смену электродов. У водителей автомобилей его легко определить по показателю сменного пробега (в км), деленному на среднюю скорость движения автомобиля (км в час) на данном участке, сведения о которой можно получить в соответствующем отделении Российской транспортной инспекции. На практике достаточно часто такие расчеты показывают, что суммарное время вождения автомобиля и, соответственно, длительность сосредоточенного наблюдения не превышают 2 - 4 часов за рабочую смену. Хорошие результаты дает также использование технологической документации, например карт технологического процесса, паспортов рабочих мест и др.

Плотность сигналов (световых, звуковых) и сообщений в среднем за 1 час работы - количество воспринимаемых и передаваемых сигналов (сообщений, распоряжений) позволяет оценивать занятость, специфику деятельности

работника. Чем больше число поступающих и передаваемых сигналов или сообщений, тем выше информационная нагрузка, приводящая к возрастанию напряженности. По форме (или способу) предъявления информации сигналы могут подаваться со специальных устройств (световые, звуковые сигнальные устройства, шкалы приборов, таблицы, графики и диаграммы, символы, текст, формулы и т.д.) и при речевом сообщении (по телефону и радиотелефону, при непосредственном прямом контакте работников).

Пример. Наибольшее число связей и сигналов с наземными службами и с экипажами самолетов отмечается у авиадиспетчеров - более 300 (класс 3.2). Производственная деятельность водителя во время управления транспортными средствами несколько ниже - в среднем около 200 сигналов в течение часа (класс 3.1). К этому же классу относится труд телеграфистов. В диапазоне от 75 до 175 сигналов поступает в течение часа у телефонистов (число обслуженных абонентов в час от 25 до 150). У медицинских сестер и врачей реанимационных отделений (срочный вызов к больному, сигнализация с мониторов о состоянии больного) - 2 класс. Наименьшее число сигналов и сообщений характерно для таких профессий, как лаборанты, руководители, мастера, научные работники, конструкторы - 1 класс. Существенных ошибок можно избежать, если не присваивать высоких значений данного показателя во всех случаях и только вследствие того, что восприятие сигналов и сообщений является характерной особенностью работы. Например, водитель городского транспорта воспринимает в час около 200 сигналов. Однако этот показатель может быть существенно ниже у водителей, например, междугородных автобусов, водителей "дальнобойщиков", водителей вахтовых автомобилей или в случаях, когда плотность транспортного потока невелика, что характерно для сельской местности. Точно так же телеграфисты и телефонисты узла связи крупного города будут существенно отличаться по данному показателю от коллег, работающих в небольшом узле связи.

Число производственных объектов одновременного наблюдения - указывает, что с увеличением числа объектов одновременного наблюдения

возрастает напряженность труда. Эта характеристика труда предъявляет требования к объему внимания (от 4 до 8 не связанных объектов) и его распределению как способности одновременно со Необходимым условием для того, чтобы работа оценивалась данным показателем, является время, затрачиваемое от получения информации от объектов одновременного наблюдения до действий: если это время существенно мало и действия необходимо выполнять сразу же после приема информации сосредотачивать внимание на нескольких объектах или действиях одновременно от всех необходимых объектов (иначе нарушится нормальный ход технологического процесса или возникнет существенная ошибка), то работу необходимо характеризовать числом производственных объектов одновременного наблюдения (пилоты, водители, машинисты других транспортных средств, операторы, управляющие роботами и манипуляторами и др.). Если же информация может быть получена путем последовательного переключения внимания с объекта на объект и имеется достаточно времени до принятия решения и/или выполнения действий, а человек обычно переходит от распределения к переключению внимания, то такую работу не следует оценивать по показателю "число объектов одновременного наблюдения" (дежурный электрослесарь по КИПиА, контролер-обходчик, комплектовщик). Пример. Для операторского вида деятельности объектами одновременного наблюдения служат различные индикаторы, дисплеи, органы управления, клавиатура и т.п. Наибольшее число объектов одновременного наблюдения установлено у авиадиспетчеров - 13, что соответствует классу 3.1, несколько ниже это число у телеграфистов - 8 - 9 телетайпов, у водителей автотранспортных средств (2 класс). До 5 объектов одновременного наблюдения отмечается у телефонистов, мастеров, руководителей, медсестер, врачей, конструкторов и других (1 класс).

Размер объекта различения при длительности сосредоточенного внимания (% от времени смены). Чем меньше размер рассматриваемого предмета (изделия, детали, цифровой или буквенной информации и т.п.) и чем продолжительнее время наблюдения, тем выше нагрузка на зрительный

анализатор. Соответственно возрастает класс напряженности труда. В качестве основы размеров объекта различения взяты категории зрительных работ из СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение". При этом необходимо рассматривать лишь такой объект, который несет смысловую информацию, необходимую для выполнения данной работы. Так, у контролеров это минимальный размер дефекта, который необходимо выявить, у операторов ПЭВМ - размер буквы или цифры, у оператора - размер шкалы прибора и т.д. (Часто учитывается только эта характеристика и не учитывается другая, в той же степени необходимая, - длительность сосредоточения внимания на данном объекте, которая является равноценной и обязательной.)

В ряде случаев, когда размеры объекта малы, прибегают к помощи оптических приборов, увеличивающих эти размеры. Если к оптическим приборам прибегают время от времени, для уточнения информации, объектом различения является непосредственный носитель информации. Например, врачи-рентгенологи при просмотре флюорографических снимков должны дифференцировать затемнения диаметром до 1 мм (класс 3.1) и время от времени для уточнения информации пользуются лупой, что увеличивает размер объекта и переводит его в класс 2, однако основная работа по просмотру снимков проводится без оптических приборов, поэтому такая работа должна оцениваться по данному критерию классом 3.1. В случае, если размер объекта настолько мал, что он неразличим без применения оптических приборов, и они применяются постоянно (например, при подсчете форменных элементов крови, размеры которых находятся в пределах 0,006 - 0,015 мм, врач-лаборант всегда использует микроскоп), должен регистрироваться размер увеличенного объекта. 2.5. "Работа с оптическими приборами (микроскоп, лупа и т.п.) при длительности сосредоточенного наблюдения (% от времени смены)". На основе хронометражных наблюдений определяется время (часы, минуты) работы за оптическим прибором. Продолжительность рабочего дня принимается за 100%, а время фиксированного взгляда с использованием микроскопа, лупы переводится в проценты - чем больше процент времени, тем больше нагрузка,

приводящая к развитию напряжения зрительного анализатора. К оптическим приборам относятся те устройства, которые применяются для увеличения размеров рассматриваемого объекта - лупы, микроскопы, дефектоскопы либо используемые для повышения разрешающей способности прибора или улучшения видимости (бинокли), что также связано с увеличением размеров объекта. К оптическим приборам не относятся различные устройства для отображения информации (дисплеи), в которых оптика не используется - различные индикаторы и шкалы, покрытые стеклянной или прозрачной пластмассовой крышкой. 2.6. "Наблюдение за экраном видеотерминала (ч в смену)". Согласно этому показателю фиксируется время (ч, мин.) непосредственной работы пользователя ВДТ с экраном дисплея в течение всего рабочего дня при вводе данных, редактировании текста или программ, чтении информации буквенной, цифровой, графической с экрана. Чем больше время фиксации взора на экран пользователя ВДТ, тем больше нагрузка на зрительный анализатор и тем выше напряженность труда.

Наблюдение за экранами видеотерминалов следует применять для характеристики напряженности трудового процесса на всех рабочих местах, которые оборудованы средствами отображения информации как на электронно-лучевых, так и на дискретных (матричных) экранах (дисплеи, видеомодули, видеомониторы, видеотерминалы).

Нагрузка на слуховой анализатор. Степень напряжения слухового анализатора определяется по зависимости разборчивости слов в процентах от соотношения между уровнем интенсивности речи и "белого" шума. Когда помех нет, разборчивость слов равна 100% - 1 класс. Ко 2-му классу относятся случаи, когда уровень речи превышает шум на 10 - 15 дБА и соответствует разборчивости слов, равной 90 - 70% или на расстоянии до 3,5 м и т.п. Наиболее часто встречаемой ошибкой при оценке напряженности трудового процесса является та, когда данным показателем характеризуется любая работа, проводящаяся в условиях повышенного уровня шума. Показателем "нагрузка на слуховой анализатор" необходимо характеризовать такие работы, при которых

исполнитель в условиях повышенного уровня шума должен воспринимать на слух речевую информацию или другие звуковые сигналы, которыми он руководствуется в процессе работы. Примером работ, связанных с нагрузкой на слуховой анализатор, является труд телефониста производственной связи, звукооператора ТВ, радио, музыкальных студий.

Нагрузка на голосовой аппарат (суммарное количество часов наговариваемых в неделю). Степень напряжения голосового аппарата зависит от продолжительности речевых нагрузок. Перенапряжение голоса наблюдается при длительной, без отдыха голосовой деятельности. Пример. Наибольшие нагрузки (класс 3.1 или 3.2) отмечаются у лиц голосоречевых профессий (педагоги, воспитатели детских учреждений, вокалисты, чтецы, актеры, дикторы, экскурсоводы и т.д.). В меньшей степени такой вид нагрузки характерен для других профессиональных групп (авиадиспетчеры, телефонисты, руководители и т.д. - 2 класс). Наименьшие значения критерия могут отмечаться в работе других профессий, таких, как лаборанты, конструкторы, водители автотранспорта (1 класс).

2.1.10. Эмоциональные нагрузки

Степень ответственности за результат собственной деятельности. Значимость ошибки - указывает, в какой мере работник может влиять на результат собственного труда при различных уровнях сложности осуществляемой деятельности. С возрастанием сложности повышается степень ответственности, поскольку ошибочные действия приводят к дополнительным усилиям со стороны работника или целого коллектива, что соответственно приводит к увеличению эмоционального напряжения. Для таких профессий, как руководители и мастера промышленных предприятий, авиадиспетчеры, врачи, водители транспортных средств и т.п., характерна самая высокая степень ответственности за окончательный результат работы, а допущенные ошибки могут привести к остановке технологического процесса, возникновению

опасных ситуаций для жизни людей (класс 3.2). Если работник несет ответственность за основной вид задания, а ошибки приводят к дополнительным усилиям со стороны целого коллектива, то эмоциональная нагрузка в данном случае уже несколько ниже (класс 3.1): медсестры, научные работники, конструкторы. В том случае, когда степень ответственности связана с качеством вспомогательного задания, а ошибки приводят к дополнительным усилиям со стороны вышестоящего руководства (в частности, бригадира, начальника смены и т.п.), то такой труд по данному показателю характеризуется еще меньшим проявлением эмоционального напряжения (2 класс): телефонисты, телеграфисты. Наименьшая значимость критерия отмечается в работе лаборанта, где работник несет ответственность только за выполнение отдельных элементов продукции, а в случае допущенной ошибки дополнительные усилия только со стороны самого работника (1 класс). Таким образом, по данному показателю оценивается ответственность работника за качество элементов заданий вспомогательных работ, основной работы или конечной продукции. Например, для токаря конечной продукцией являются изготовленные им детали, для мастера токарного участка - все детали, изготовленные на этом участке, а для начальника механического цеха - работа всего цеха. Поэтому при использовании данного критерия возможен следующий подход. Класс 1 - ответственность за качество действий или операций, являющихся элементом трудового процесса по отношению к его конечной цели, а ошибка исправляется самим работающим на основе самоконтроля или внешнего, формального контроля по типу "правильно - неправильно" (все виды подсобных работ, санитарки, уборщицы, грузчики и т.д.). Класс 2 - ответственность за качество деятельности, являющейся технологическим циклом или крупным элементом техпроцесса по отношению к его конечной цели, а ошибка исправляется вышестоящим руководителем по типу указаний "как необходимо сделать правильно" (рабочие строительных специальностей, ремонтный персонал). Класс 3.1 - ответственность за весь технологический процесс или деятельность, а ошибка исправляется всем коллективом, группой, бригадой (диспетчерский персонал, мастера, бригадиры,

начальники цехов основного производства), за исключением случаев, когда ошибка может привести к перечисленным ниже последствиям. Класс 3.2 - ответственность за качество продукции, производимой всем структурным подразделением, или повышенная ответственность за результат собственной ошибки, если она может привести к остановке технологического процесса, поломке дорогостоящего или уникального оборудования либо к возникновению опасности для жизни других людей (водители, перевозящие пассажиров автотранспортных средств, пилоты пассажирских самолетов, машинисты локомотивов, капитаны судов, руководители предприятий и организаций). 3.2. "Степень риска для собственной жизни". Мерой риска является вероятность наступления нежелательного события, которую с достаточной точностью можно выявить из статистических данных производственного травматизма на данном предприятии и аналогичных предприятиях отрасли. Поэтому на данном рабочем месте анализируют наличие травмоопасных факторов, которые могут представлять опасность для жизни работающих, и определяют возможную зону их влияния. Рекомендуется использовать материалы аттестации рабочих мест по условиям труда, которые предписывают составление такого перечня. Например, во временной методике проведения в электроэнергетике (сосуды и трубопроводы с давлением выше 5 атмосфер, маслонаполненные вводы высоковольтного оборудования на напряжение выше 1000 В, сосуды, трубопроводы и арматура с температурой носителя выше 60 °С и др.). Показателем "степень риска для собственной жизни" характеризуют лишь те рабочие места, где существует прямая опасность, т.е. рабочая среда таит угрозу непосредственно поражающей реакции (взрыв, удар, самовозгорание), в отличие от косвенной опасности, когда рабочая среда становится опасной при неправильном и непредусмотрительном поведении работающего. Наиболее часто встречающимися видами происшествий, приводящих к несчастным случаям со смертельным исходом, являются: дорожно-транспортные происшествия, падение с высоты, падение, обрушение и обвалы предметов и материалов, воздействие движущихся и вращающихся частей, разлетающихся

предметов и деталей. Наиболее частыми источниками травматизма являются автомобили, энергетическое оборудование, тракторы, металлорежущие станки.

Примеры профессий, работа в которых характеризуется повышенной степенью риска для собственной жизни:

- строительные специальности, в основном связанные с работой на высоте (плотники, монтажники лесов, монтажники металлоконструкций, машинисты кранов, каменщики и ряд других); основным травмирующим фактором в этих профессиях является падение с высоты;

- водители всех видов транспортных средств: основной травмирующий фактор - нарушение правил дорожного движения, неисправность транспортного средства;

- профессии, связанные с обслуживанием энергетического оборудования и систем (электромонтеры, электрослесари и др.):

травмирующий фактор - поражение электрическим током; - основные профессии горнодобывающей промышленности (проходчики, взрывники, скреперисты, рабочие очистного забоя и др.):

травмирующий фактор - взрывы, разрушения, обвалы, выбросы газа и т.п.; - профессии металлургии и химического производства (литейщики, плавильщики, конверторщики и др.): травмирующий фактор - взрывы и выбросы расплавов, воспламенения в результате нарушения технологического процесса. Риск для собственной жизни связан не только с травмоопасностью, но может определяться и спецификой трудовой деятельности в определенных социально-экономических условиях в стране.

Так, высокий риск для собственной жизни характерен для работников прокуратуры (прокуроры, помощники прокуроров, следователи) и других сотрудников правоохранительных органов. 3.3. "Ответственность за безопасность других лиц".

При оценке напряженности необходимо учитывать лишь прямую, а не опосредованную ответственность (последняя распределяется на всех руководителей), то есть такую, которая вменяется должностной инструкцией.

Как правило, это руководители первичных трудовых коллективов - мастера, бригадиры, отвечающие за правильную организацию работы в потенциально опасных условиях и следящие за выполнением инструкций по охране труда и технике безопасности; работники, чья ответственность исходит из самого характера работы, - врачи некоторых специальностей (хирурги, реаниматологи, травматологи, воспитатели детских дошкольных учреждений, авиадиспетчеры) и лица, управляющие потенциально опасными машинами и механизмами, например водители транспортных средств, пилоты пассажирских самолетов, машинисты локомотивов.

Количество конфликтных производственных ситуаций за смену. Наличие конфликтных ситуаций в производственной деятельности ряда профессий (сотрудники всех звеньев прокуратуры, системы МВД, преподаватели и др.) существенно увеличивает эмоциональную нагрузку и подлежит количественной оценке.

Количество конфликтных ситуаций учитывается на основании хронометражных наблюдений. Конфликтные ситуации у педагогов встречаются в виде непосредственного взаимоотношения между педагогом и учащимися, а также участия в разрешении конфликтов, возникающих между учениками. Кроме того, могут возникать конфликты внутри педагогического коллектива с коллегами, руководством и в ряде случаев с родителями учащихся.

У прокуроров и работников правоохранительных органов конфликты встречаются с клиентами в виде словесных угроз, угроз по телефону, письменно и при личном общении, а также оскорбления, угрозы физического насилия, физической атаки.

Пример. Наибольшее число конфликтных ситуаций в среднем за рабочую смену отмечено у работников правоохранительных органов: более 8 (класс 3.2), меньшее количество у преподавателей - от 4 до 8 (класс 3.1), у помощников следователей прокуратуры от 1 до 3 (класс 2), у работников канцелярии прокуратуры отсутствуют (класс 1).

2.1.11. Монотонные нагрузки

Число элементов (приемов), необходимых для реализации простого задания или многократно повторяющихся операций и "**Продолжительность (с) выполнения простых производственных заданий или повторяющихся операций** - чем меньше число выполняемых приемов и чем короче время, тем, соответственно, выше монотонность нагрузок. Данные показатели наиболее выражены при конвейерном труде (класс 3.1 - 3.2). Эти показатели характеризуют так называемую "моторную" монотонию. Необходимым условием для отнесения операций и действий к монотонным является не только их частая повторяемость и малое количество приемов, что может наблюдаться и при других работах, но и их однообразие и, самое главное, их низкая информационная содержательность, когда действия и операции производятся автоматически и практически не требуют пристального внимания, переработки информации и принятия решений, т.е. практически не задействуют "интеллектуальные" функции. К таким работам относятся практически все профессии поточно-конвейерного производства - монтажники, слесари-сборщики, регулировщики радиоаппаратуры и другие работы того же характера - штамповка, упаковка, наклейка ярлыков, нанесение маркировочных знаков. В отличие от этих существуют работы, которые по внешним признакам относятся к монотонным, но, по сути, таковыми не являются, например работа оператора-программиста ПЭВМ, когда короткие, однообразные и часто повторяющиеся действия имеют значительный информационный компонент и вызывают состояние не монотонии, а нервно-эмоционального напряжения. 4.3. "Время активных действий (в % к продолжительности смены)". Наблюдение за ходом технологического процесса не относится к "активным действиям". Чем меньше время выполнения активных действий и больше время наблюдения за ходом производственного процесса, тем, соответственно, выше монотонность нагрузок. Наиболее высокая монотонность по этому показателю характерна для операторов пультов управления химических производств (класс 3.1 - 3.2).

"Монотонность производственной обстановки (время пассивного наблюдения за ходом техпроцесса, в % от времени смены)" - чем больше время пассивного наблюдения за ходом технологического процесса, тем более монотонной является работа.

Данный показатель, также как и предыдущий, наиболее выражен у операторских видов труда, работающих в режиме ожидания (операторы пультов управления химических производств, электростанций и др.), - класс 3.2.

2.1.12. Режим работы

Фактическая продолжительность рабочего дня - выделен в самостоятельную рубрику, так как независимо от числа смен и ритма работы фактическая продолжительность рабочего дня колеблется от 6 - 8 ч (телефонисты, телеграфисты и т.п.) до 12 ч и более (руководители промышленных предприятий). У целого ряда профессий продолжительность смены составляет 12 ч и более (врачи, медсестры и т.п.). Чем продолжительнее работа по времени, тем больше суммарная за смену нагрузка и, соответственно, выше напряженность труда.

"Сменность работы" определяется на основании внутрипроизводственных документов, регламентирующих распорядок труда на данном предприятии, организации. Самый высокий класс 3.2 характеризуется нерегулярной сменностью с работой в ночное время (медсестры, врачи и др.).

"Наличие регламентированных перерывов и их продолжительность (без учета обеденного перерыва)". К регламентированным перерывам следует относить только те перерывы, которые введены в регламент рабочего времени на основании официальных внутрипроизводственных документов, таких, как коллективный договор, приказ директора предприятия или организации, либо на основании государственных документов - санитарных норм и правил, отраслевых правил по охране труда и других. Недостаточная продолжительность

или отсутствие регламентированных перерывов усугубляет напряженность труда, поскольку отсутствует элемент кратковременной защиты временем от воздействия факторов трудового процесса и производственной среды. Существующие режимы работ авиадиспетчеров, врачей, медицинских сестер и т.д. характеризуются отсутствием регламентированных перерывов (класс 3.2), в отличие от мастеров и руководителей промышленных предприятий, у которых перерывы не регламентированы и непродолжительны (класс 3.1). В то же время перерывы имеют место, но они недостаточной продолжительности, у конструкторов, научных работников, телеграфистов, телефонистов и др. (2 класс).

2.1.13. Общая оценка напряженности трудового процесса

Независимо от профессиональной принадлежности (профессии) учитываются все 23 показателя, перечисленные в табл. 18. Не допускается выборочный учет каких-либо отдельно взятых показателей для общей оценки напряженности труда.

По каждому из 23 показателей в отдельности определяется свой класс условий труда. В том случае, если по характеру или особенностям профессиональной деятельности какой-либо показатель не представлен (например, отсутствует работа с экраном видеотерминала или оптическими приборами), то по данному показателю ставится 1 класс (оптимальный) - напряженность труда легкой степени. 6.3. При окончательной оценке напряженности труда:

"Оптимальный" (1 класс) устанавливается в случаях, когда 17 и более показателей имеют оценку 1 класса, а остальные относятся ко 2 классу. При этом отсутствуют показатели, относящиеся к 3 (вредному) классу.

"Допустимый" (2 класс) устанавливается в следующих случаях: - когда 6 и более показателей отнесены ко 2 классу, а остальные - к 1 классу; - когда от 1 до

5 показателей отнесены к 3.1 и/или 3.2 степеням вредности, а остальные показатели имеют оценку 1-го и/или 2-го классов.

"Вредный" (3) класс устанавливается в случаях, когда 6 или более показателей отнесены к третьему классу (обязательное условие). При соблюдении этого условия труд напряженный 1-й степени (3.1):

- когда 6 показателей имеют оценку только класса 3.1, а оставшиеся показатели относятся к 1 и/или 2 классам; - когда от 3 до 5 показателей относятся к классу 3.1, а от 1 до 3 показателей отнесены к классу 3.2. Труд напряженный 2-й степени (3.2): - когда 6 показателей отнесены к классу 3.2;

- когда более 6 показателей отнесены к классу 3.1; - когда от 1 до 5 показателей отнесены к классу 3.1, а от 4 до 5 показателей - к классу 3.2;

- когда 6 показателей отнесены к классу 3.1 и имеются от 1 до 5 показателей класса 3.2.

В тех случаях, когда более 6 показателей имеют оценку 3.2, напряженность трудового процесса оценивается на одну степень выше - класс 3.3.

Конечным результатом гигиенической оценки является определение вредности и опасности труда, которое производится по результатам классификации исследованных показателей по следующим правилам.

Условия труда на рабочем месте отвечают гигиеническим требованиям и относятся к 1 или 2 классу, если фактические значения уровней вредных факторов находятся в пределах оптимальных или допустимых величин соответственно. Если уровень хотя бы одного фактора превышает допустимую величину, то условия труда на таком рабочем месте, в зависимости от величины превышения и в соответствии с указанным выше Руководством, как по отдельному фактору, так и при их сочетании, могут быть отнесены к 1 - 4 степеням 3 класса вредных или 4 классу опасных условий труда. Для установления класса условий труда превышения ПДК, ПДУ могут быть зарегистрированы в течение одной смены, если она типична для данного технологического процесса. При нетипичном или эпизодическом (в течение недели, месяца) воздействии оценку условий труда проводят по эквивалентной

экспозиции и/или максимальному уровню фактора, а в сложных случаях по согласованию с территориальными управлениями Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Оценка условий труда с учетом комбинированного действия факторов проводится на основании результатов измерений отдельных факторов и в соответствии с п. п. 5.1 - 5.10, в которых учтены эффекты суммации при комбинированном действии химических веществ, биологических факторов, различных частотных диапазонов электромагнитных излучений.

Общую оценку устанавливают:

- по наиболее высокому классу и степени вредности;

- в случае сочетанного действия 3 и более факторов, относящихся к классу 3.1, общая оценка условий труда соответствует классу 3.2;

- при сочетании 2-х и более факторов классов 3.2, 3.3, 3.4 - условия труда оцениваются соответственно на одну степень выше.

В результате заполняется итоговая таблица по оценке условий труда работника по степени вредности и опасности, в которую вносятся данные по вредности и опасности каждого фактора и итоговая оценка.

Как видно из приведенных материалов, оценка воздействия источников нагрузок производится посредством условных единиц – классов, не имеющих метрологического обоснования.

Причем применение самих принципы гигиенического нормирования, основанных на дифференциации гигиенических критериев, что так же ничем не обосновано, так как рабочие места всегда характеризуются большим комплексом разнообразных параметров, например рабочая поза, освещение, монотонность труда и многими другими, воздействующих одновременно и часто характеризующихся потенцирующим взаимодействием на организм человека. Определение условий труда по показателям напряженности трудового процесса практически не содержит каких-либо реальных критериев для их количественной оценки.

2.2. Системы стандартов безопасности труда

Система стандартов безопасности труда (ССБТ) представляет собой комплекс взаимосвязанных стандартов, содержащих требования, нормы и правила, направленные на обеспечение безопасности, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда, кроме вопросов, регулируемых трудовым законодательством.

Требования, установленные стандартами ССБТ в соответствии с областью их распространения, должны быть учтены в стандартах и технических условиях, в нормативно-технической, а также в конструкторской, технологической и проектной документации.

ССБТ включает группы, приведенные в таблице 1.4:

Таблица 1.4. – Группы стандартов ССБТ

Шифр группы	Наименование группы
0	Организационно-методические стандарты
1	Стандарты требований и норм по видам опасных и вредных производственных факторов
2	Стандарты требований безопасности к производственному оборудованию
3	Стандарты требований безопасности к производственным процессам
4	Стандарты требований к средствам защиты работающих

Стандарты группы «0» устанавливают:

- организационно-методические основы стандартизации в области безопасности труда (цели, задачи и структура системы,
- внедрение и контроль за соблюдением стандартов ССБТ,
- терминология в области безопасности труда,
- классификация опасных и вредных производственных факторов и др.);

- требования (правила) к организации работ, направленных на обеспечение безопасности труда (обучение работающих безопасности труда, аттестация персонала, методы оценки состояния безопасности труда и др.).

Стандарты группы «1» устанавливают:

- требования по видам опасных и вредных производственных факторов, предельно допустимые значения их параметров и характеристик;
- методы контроля нормируемых параметров и характеристик опасных и вредных производственных факторов;
- методы защиты работающих от опасных и вредных производственных факторов.

Стандарты группы «2» устанавливают:

- общие требования безопасности к производственному оборудованию;
- требования безопасности к отдельным группам (видам) производственного оборудования;
- методы контроля выполнения требований безопасности.

Стандарты группы «3» устанавливают:

- общие требования безопасности к производственным процессам;
- требования безопасности к отдельным группам (видам) технологических процессов;
- методы контроля выполнения требований безопасности.

Стандарты группы «4» устанавливают:

- требования к отдельным классам, видам и типам средств защиты;
- методы контроля и оценки средств защиты;
- классификацию средств защиты.

Объектами стандартизации ССБТ являются правила, нормы и требования, направленные на обеспечение безопасности труда:

1) основные положения системы стандартов безопасности труда;

2) метрологическое обеспечение безопасности труда;

3) классификация опасных и вредных производственных факторов;

4) термины и определения основных понятий в области безопасности труда;

5) общие требования безопасности по видам опасных и вредных производственных факторов (общие требования электробезопасности, пожаро- и взрывобезопасности и др.), а также методы защиты работающих от этих факторов;

6) методы контроля нормируемых параметров опасных и вредных производственных факторов;

7) предельно допустимые значения параметров опасных и вредных производственных факторов.

8) общие требования безопасности к производственному оборудованию и к группам производственного оборудования, а также методы контроля и оценки выполнения требований безопасности;

9) общие требования безопасности к комплексам производственного оборудования, работающим в автоматическом и/или полуавтоматическом режимах, и методы контроля;

10) общие требования безопасности к производственным процессам и видам технологических процессов, а также методы контроля выполнения требований безопасности;

11) классификация средств защиты работающих;

12) общие технические требования к классам и видам средств защиты работающих;

13) методы контроля и оценки защитных и гигиенических свойств средств защиты работающих;

14) номенклатура показателей качества классов и видов средств защиты работающих;

15) общие требования к маркировке средств защиты работающих;

16) требования к цветам и знакам безопасности.

Как видно из представленных материалов, система стандартов ССБТ охватывает широкий круг вопросов, связанных с безопасностью труда.

Однако предельно допустимые значения параметров опасных и вредных производственных факторов на рабочих местах устанавливаются в стандартах ССБТ по нормам, утвержденным Министерством здравоохранения и социального развития РФ, в связи с чем эти стандарты фактически дублируют санитарно-гигиенические нормативы.

Кроме того, в 2007 году в Российской Федерации введены аналогичные стандарты ИСО.

2.3. Системы стандартов эргономических требований и эргономического обеспечения

В соответствии с ГОСТ Р ИСО 27500-2024, и ГОСТР 56274 — 2014 эргономические требования к промышленному оборудованию должны устанавливать его соответствие антропометрическим, физиологическим, психофизиологическим и психологическим свойствам человека и обусловленным этими свойствами гигиеническим требованиям с целью сохранения здоровья человека и достижения высокой эффективности труда.

В процессе проведения анализа

Как показал проведенный анализ, фактически в основном определяются требования к организации рабочих мест, геометрическим параметрам пультов управления, видеоконтрольных устройств и других устройств. Например, в ГОСТе 22269-76. Система «человек – машина». «Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места» в п. 2.1 изложены следующие требования к размещению органов управления [54]:

- органы управления должны располагаться в зоне досягаемости моторного поля;

- наиболее важные и часто используемые органы управления должны быть расположены в зоне легкой досягаемости моторного поля;

- органы управления, связанные с определенной последовательностью действий оператора, должны группироваться таким образом, чтобы действия оператора осуществлялись слава направо и сверху вниз;

- расположение функционально идентичных органов управления должно быть единообразным на всех панелях рабочего места;

- расположение органов управления должно обеспечить равномерность нагрузки обеих рук и ног человека-оператора.

Таким образом, существующая система стандартов, регламентирующих эргономические требования, содержит лишь общие требования по организации рабочих мест, формы и геометрических размеров тех или иных изделий без учета реальных условий трудовых процессов, в них отсутствуют требования и методы количественной оценки соответствия машин и промышленного оборудования антропометрическим, физиологическим, психофизиологическим и психологическим свойствам человека.

2.4. Технические регламенты

Для обеспечения безопасности продукции в Российской Федерации в 2002 году был принят закон «О техническом регулировании» [208].

Этот закон регулирует отношения, возникающие при: разработке, принятии, применении и исполнении обязательных требований к продукции или к связанным с ними процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации.

Под термином «Техническое регулирование» понимается правовое регулирование отношений в области установления, применения и исполнения обязательных требований к продукции или к связанным с ними процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, а также

в области установления и применения на добровольной основе требований к продукции, процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнению работ или оказанию услуг и правовое регулирование отношений в области оценки соответствия.

Техническое регулирование осуществляется путем разработки и применения соответствующих технических регламентов.

Технический регламент - документ, который устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования (продукции, в том числе зданиям, строениям и сооружениям или к связанным с требованиями к продукции процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации);

Техническими регламентами с учетом степени риска причинения вреда устанавливают минимально необходимые требования, обеспечивающие безопасность излучений, биологическую безопасность, взрывобезопасность, механическую безопасность, пожарную безопасность, промышленную безопасность, термическую безопасность, химическую безопасность, электрическую безопасность, ядерную и радиационную безопасность, электромагнитную совместимость в части обеспечения безопасности работы приборов и оборудования; единство измерений и некоторые другие виды безопасности.

Таким образом, техническими регламентами устанавливают необходимые требования к техническим изделиям и технологиям, в результате которых обеспечивается безопасность их параметров с учетом соответствующего риска.

Приказом Министерства промышленности и энергетики Российской Федерации № 58 от 28 марта 2005 г. был утвержден рекомендуемый перечень технических регламентов в электроэнергетике.

Этот перечень содержит следующие группы технических регламентов:

I. Технические регламенты, устанавливающие требования к объектам электроэнергетики и их оборудованию.

В них входят следующие регламенты;

- О безопасности технических систем электрических станций;
- О безопасности технических систем электрических сетей;
- О безопасности технических систем диспетчерского управления энергосистемами;
- О безопасности электрических станций на нетрадиционных источниках энергии;
- О безопасности систем электроснабжения;
- О безопасности электроустановок;
- О безопасной эксплуатации атомных электрических станций;
- О безопасности высоковольтного электрооборудования;
- О безопасности низковольтного оборудования;
- Средства измерений, применяемые при взаиморасчетах за передачу, распределение, сбыт и прочие операции, связанные с поставкой электроэнергии (мощности);
- Требования к программно - аппаратным средствам учета потребления энергоресурсов в жилищно - коммунальном хозяйстве.

2. Технические регламенты, устанавливающие требования к процессам эксплуатации объектов электроэнергетики и их оборудования

В них входят следующие регламенты:

- Об организации безопасной эксплуатации электрических станций и сетей;
- О безопасности оперативно - диспетчерского управления энергосистемами;
- О безопасной эксплуатации электроустановок;
- О безопасной эксплуатации тепломеханического оборудования электрических станций и сетей;

- О безопасной эксплуатации гидросооружений и гидротехнического оборудования электрических станций;
- О безопасности теплоснабжения;
- О безопасности при нарушениях электроснабжения.

3. Специальные технические регламенты, затрагивающие отдельные вопросы безопасности в электроэнергетике

В них входят следующие регламенты:

- О ядерной и радиационной безопасности объектов, сооружений и комплексов с ядерными реакторами;
- О безопасности оборудования, работающего под давлением свыше 0,07 МПа или при температуре нагрева воды свыше 115 град. С;
- О безопасности подъемно - транспортного оборудования;
- О требованиях к безопасности зданий и других строительных сооружений гражданского и промышленного назначения;
- О безопасности гидротехнических сооружений;
- О безопасности машин и оборудования;
- О безопасности устройств и систем, использующих водород.

3. Традиционные методы исследований функционирования мозга и психики

3.1. Основные сведения

Основой функционирования психики является деятельность центральной нервной системы, которой осуществляется регуляция деятельности отдельного органа или системы организма

Ее функциями являются:

- адаптационная – приспособление к изменяющимся условиям среды.

- трофическая – подразумевает регуляцию роста, дифференцировки и обмена веществ организма, его клеток, тканей и органов.

- организация психических процессов – мышления, памяти, речи и др.

- сенсорная - формирование ощущений от соприкосновения со средой.

- моторная - регуляция двигательной активности и формирование целенаправленного поведения.

- продолжение рода – формирование полового поведения на основе биологических мотиваций, контроль уровня половых гормонов.

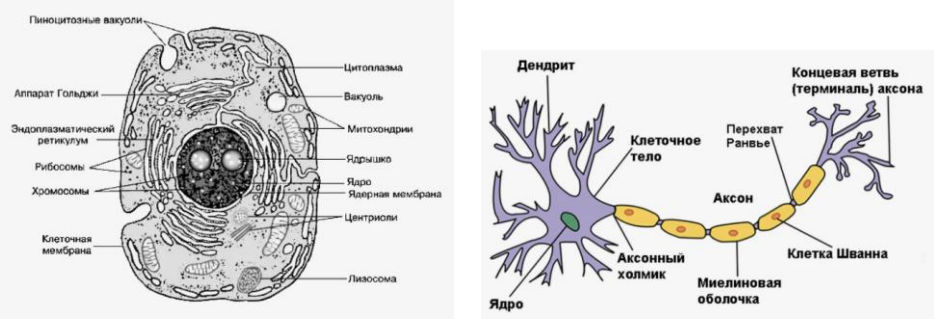
Структурно-функциональной единицей ЦНС является нейрон. Нейроны - возбудимые клетки, способные передавать импульс другим клеткам и осуществлять переработку поступающей информации. В типичном нейроне выделяют: тело (сому) и отростки (аксон и дендриты) (Рис. 1.А.). Дендриты - это чувствительные (центростремительные) отростки, воспринимающие импульсы от рецепторов или других нервных клеток. Чаще у нейрона их несколько, они короткие и множественно ветвятся. Тело нейрона осуществляет интеграцию возбуждающих и тормозных влияний. Кроме того, сома синтезирует белки и клеточные материалы и распределяет их по отросткам, обеспечивая их трофику. Аксон - исполнительный (центробежный) отросток, проводящий возбуждение к другому нейрону или к эффекторной клетке.

Он всегда один. Переход сомы в аксон - аксонный холмик. Он имеет низкий порог возбуждения, высокую плотность натриевых каналов. Именно там формируется потенциал действия нейрона. Конечные ответвления аксона – терминали - образуют пресинаптический аппарат синапсов, передающий импульсы на другие клетки. В пресинаптических окончаниях синтезируется и запасается нейромедиатор.

Рефлекторный принцип деятельности нервной системы Деятельность нервной системы строится по определенным принципам, основной из которых - рефлекторный. Впервые в 17 веке Рене Декарт (1595- 1650 гг.) предложил термин «отражение» («рефлексирование») для определения деятельности организма на раздражение. Он выдвинул идею, что ответная реакция организма вызывается

конкретными физическими причинами, предположив наличие определенного «морфологического субстрата» для такого рефлексирования. Сам термин «рефлекс», как отражательный механизм нервной системы, был введен чешским физиологом Г. Прохазка («Трактат о функциях нервной системы», 1784 г.). Современные представления о строении рефлекторной дуги, принципах координации рефлексов и их участии в деятельности ЦНС были сформулированы в XIX веке. Ч.Белл и Ф.Мажанди, исследуя регуляцию вегетативных функций, развили «отражательную» теорию Р. Декарта и выдвинули «концепцию нервизма» – управления нервной системой всеми функциями организма. Ч.С. Шеррингтоном были выдвинуты идеи о координации рефлексов, их взаимном ингибировании и облегчении. Сеченовым И.М. рефлекторный принцип был применен для объяснения деятельности высших отделов ЦНС и предложена идея применения рефлексов для анализа психических процессов. Эти идеи И. М. Сеченова были развиты И. П. Павловым, который открыл способы исследования функций коры, разработал методы выработки условных рефлексов и создал учение о высшей нервной деятельности. Таким образом, рефлекс - единственный механизм деятельности ЦНС.

На рисунке 1.1 показаны строение клетки – a) и нейрона – b).



a) b)

Рисунок 1.1 – Строение клетки и нейрона

Принципы функционирования центральной нервной системы до сих пор не установлены. Имеются лишь предположения, высказанных рядом ученых.

Одними из таких предположений, выдаваемых некоторыми учеными за истину, являются следующие.

Связь и управление в нервной системе осуществляются на основе двух основных принципов: субординации и координации. Принципы субординационного взаимодействия реализуются «вертикальной» системой регуляции. Идея «многоэтажной иерархической системы» была развита Бернштейном первоначально в теории регуляции движений, а затем в физиологии активности. Эта вертикальная, многоэтажная иерархическая система регулирования, в которой нижележащие уровни подчиняются вышележащим, является основной, определяющей целостность организма и единство процессов жизнедеятельности и поведения. Однако эта система регуляции, хотя и является основной, но она не единственная. Позднее Эшби было высказано предположение о том, что существует дополнительный регуляторный механизм — совместная работа больших полушарий головного мозга и их взаимодействие. Эта идея получила свое дальнейшее развитие в концепции билатерального регулирования Ананьева. Специальная разработка проблемы больших полушарий стала возможной благодаря методам условных рефлексов и искусственной изоляции полушарий путем рассечения мозолистого тела. В изучении проблемы парности полушарий постепенно вычленились 3 аспекта:

1) Парность полушарий и рецепторов как специальный механизм восприятия пространства и пространственной ориентации;

2) Интегративная роль полушарий в накоплении и организации индивидуального опыта;

3) Регулирование информационных и энергетических потоков содружественной деятельностью полушарий.

На самом деле утверждение о парности полушарий весьма сомнительно.

Например, идеи билатерального регулирования исходят из предположения о том, что большие полушария не только потребляют энергию, но и

воспроизводят ее, во всяком случае, часть ее, необходимую для аналитико-синтетической деятельности мозга.

Билатеральное регулирование представляет такое взаимодействие полушарий, при котором происходит обмен энергией и информацией между полушариями таким образом, что в каждый момент времени каждое из полушарий в соответствии с характером деятельности выполняет по отношению к другому то преимущественно энергетическую, то информационную функцию. Внешним проявлением взаимодействия полушарий являются симметрии и асимметрии в деятельности парных органов. Как показал ряд исследований, степень асимметрии увеличивается в ситуациях напряженной деятельности, что демонстрирует активизацию билатерального контура регулирования.

3.2. Принципы координационной деятельности центральной нервной системы

Координация деятельности нервной системы (взаимодействие ее структур, отдельных рефлексов, программ активности) обеспечивается прохождением информации по строго определенным путям – генетически детерминированным (врожденным) нейронным сетям - специфическим соединениям нейронов. Генетически детерминированные нейронные сети подразделяют на иерархическую, локальную, дивергентную и конвергентную сеть, реверберирующие нервные цепочки.

Иерархический тип межнейронных сетей имеет несколько уровней переключательных ядер, обеспечивающих очень точную передачу информации. Данные сети наиболее распространены в двигательных и сенсорных путях, а также характерны для сетей, выполняющих какую-то специфическую функцию. В двигательных системах иерархия нисходящая: моторная область коры больших полушарий посылает информацию через переключательные ядра ствола специфическим двигательным клеткам спинного мозга, а те далее «спускают

команду» мышечным клеткам. У сенсорных систем иерархическая организация - восходящая. Локальные сети широко распространены во всех мозговых сетях и удерживают поток информации в пределах одного иерархического уровня, часто действуя как фильтры. Образованные возбуждающими и тормозными интернейронами, они способны преобразовывать импульсы. В сочетании с дивергентными и конвергентными сетями локальные сети позволяют расширять, сужать или снова фокусировать поток информации на определенном иерархическом уровне. Конвергентные

Конвергентные сети обнаружены на всех нервных уровнях и представляют собой взаимодействие возбуждающих и тормозных вставочных интернейронов разных уровней.

Мощные конвергентные пути сходятся на нейронах ретикулярной формации, на командных нейронах коры больших полушарий, на мотонейронах спинного мозга.

Конвергентные пути, подходящие к одному нейрону, делают этот нейрон интегратором соответствующих сигналов. Данный нейрон-интегратор определяет общий путь для приходящих к нему нервных импульсов.

Дивергентные сети составляют лишь небольшую часть всех нервных сетей (представлены в некоторых ядрах среднего мозга и ствола мозга) и образованы небольшими скоплениями нервных клеток.

В данных сетях один нейрон имеет длинный аксон со множеством коллатералей, образующих контакты с огромным числом клеток в различных структурах мозга, и медиатор с «условным» действием (в зависимости от условий эффект от них может меняться).

Действие дивергентных путей этих сетей часто не ограничено какой-либо специфической сенсорной, двигательной или другой функциональной системой.

Однако, такое неспецифическое влияние на различные иерархические уровни и специфические функции, оказывает важную роль в интегративной деятельности ЦНС, обеспечивая согласованную их работу.

При этом конкретные данные о параметрах этих процессов, и их закономерностях, например принципах и механизмах функциональной координации парных органов пока нет.

Таким образом, изложенная здесь информация является лишь осторожным предположением.

3.3. Традиционное понятие о психике человека и проблемы безопасности

3.3.1. Основные понятия о психике

Психика: сущность, свойства, функции, структура Психика – это свойство живой, высокоорганизованной материи (головного мозга), заключающееся в субъективном отражении объективной реальности с целью адаптации к ней. Психика не дана человеку в готовом виде, а развивается в процессе общения и взаимодействия с другими людьми. Выделяют следующие свойства психики: 1) Психика – это особая реальность, существенным образом отличающаяся от предметов и явления окружающего мира и не соответствующая известным законам естествознания. 2) Психика – это наиболее важная часть человека, в которой заключается его сущность. Человек никогда не сомневается в ее существовании, поскольку она дана ему непосредственно, но вместе с тем, она недоступна для внешнего наблюдения. 3) Психика определяет сущность социального бытия, в основе которого лежат такие психические функции, как побуждение, целеполагание, ориентировка в окружающей действительности и в других людях, планирование, принятие решения, регуляция поведения, контроль, оценка, смыслообразование. 4) Психика тесно взаимосвязана с телом человека и особенно такими его органами, как головной мозг и органы чувств. Это единая система, в которой постоянно осуществляются переходы и трансформации от телесного к душевному и наоборот. 5) Психика – это постоянно изменяющаяся и

развивающаяся реальность. 6) Психика каждого человека соверешенно уникальна и неповторима. Она аккумулирует индивидуальный жизненный опыт человека (нравственный, эстетический, профессиональный, общекультурный и др.) и в связи с этим по-своему ценна. Не случайно жизнь человека охраняется законом, а убийство и самоубийство считается самым большим грехом. Функции психики: 1) отражение воздействий окружающего мира», при этом отражение является активным и субъективным.

Отражается не только внешний мир, но и внутренний (иллюзии, мечты, желания). 2) регуляция поведения и деятельности. С помощью психики человек осознает мотивы и потребности, ставит задачи и цели, вырабатывает способы и приемы достижения результатов. Поведение – внешняя форма проявления психики.

3) осознание человеком своего места в окружающем мире.

Эта функция психики, с одной стороны, обеспечивает правильные адаптацию и ориентацию человека в объективном мире, гарантируя ему эффективное осмысление всех реалий этого мира и адекватное к ним отношение. С другой стороны, с помощью психики, сознания человек осознает себя как личность, наделенную определенными, индивидуальными и социальнопсихологическими особенностями, как представителя конкретного общества, социальной группы, отличающегося от других людей и находящегося с ними в своеобразных межличностных отношениях.

Психика сложна и многообразна по своим проявлениям. Обычно выделяют три крупные группы психических явлений, а именно:

1) психические процессы,

2) психические состояния,

3) психические свойства.

Психические процессы – первичные регуляторы поведения. Имеют начало, течение и конец.

При этом нужно иметь в виду, что конец психического процесса тесно связан с началом нового процесса. Отсюда непрерывность психической деятельности в состоянии бодрствования человека.

Психические процессы обеспечивают формирование знаний и первичную регуляцию поведения и деятельности человека.

В таблице 1.5 представлены основные виды психических процессов.

Таблица 1.5 Виды психических процессов

Вид психического процесса С	какими психическими явлениями связан	Примеры
Познавательные	Связаны с восприятием и переработкой информации	Ощущение, восприятие, представление, память, мышление, воображение, внимание, речь
Эмоциональные	Связаны с отношением человека к себе и окружающему миру	Эмоции, чувства, настроения, аффекты, переживания
Волевые	Связаны с направленностью деятельности человека, с определением его целей, принятием решений и преодолением препятствий	Волевой акт, принятие решения, напряжение воли

Психические состояния характеризуют состояние психики в целом (активность/пассивность, бодрость/подавленность, активность/пассивность,

бодрость/подавленность, работоспособность/усталость, хорошее/плохое настроение).

Влияют на течение психических процессов. Психические состояния имеют рефлекторную природу: они возникают под влиянием обстановки, физиологических факторов, хода работы, времени и словесных воздействий (похвала, порицание и т. п.). Под психическими свойствами человека следует понимать устойчивые образования, обеспечивающие определенный качественно-количественный уровень деятельности и поведения, типичный для данного человека. Определяют неповторимость человека и являются основой его личности. Психические свойства образуют сложные структурные образования личности, к которым относятся:

1) направленность (система потребностей, интересов, убеждений, идеалов);

2) темперамент (систему природных свойств личности, характеризующую динамическую сторону поведения);

3) способности (систему интеллектуально-волевых и эмоциональных свойств, определяющую творческие возможности личности),

4) характер как систему отношений и способов поведения.

3.3.2. Психология

3.3.2.1. Методы психологии

Методы психологии – это приемы и средства, с помощью которых получают сведения, необходимые для вынесения практических рекомендаций и построения научных теорий.

Как и в биологии, принципами научных исследований в психологии являются наблюдене и эксперимент.

Наблюдение – это восприятие и фиксация психических явлений.

Главная цель наблюдения в психологии – полное и точное описание наблюдаемых явлений, а также их психологическое толкование, т.е. необходимо исходя из фактов, раскрыть их психологическое содержание. Наблюдение проводится на основе определенного плана с целью получения объективной картины.

Для того, чтобы наблюдение было объективным, оно должно отвечать ряду требований:

1) естественность условий;

2) незаметность наблюдения для людей, за которыми оно ведется (для этого используется скрытое наблюдение при помощи специальной техники или исследователь сам становится членом группы и включается в процесс ее деятельности — включенное наблюдение);

3) целенаправленность, то есть должны быть четко определены цели и задачи, психические проявления, которые подлежат наблюдению. В соответствии с целями и задачами, наблюдение может быть сплошным (фиксируются все проявления психики) или выборочным (фиксируются только отдельные проявления, например, только эмоциональные).

В наблюдении важное значение имеет фиксация результатов, она может осуществляться при помощи специальных записей — протоколов, стенограмм, но в настоящее время наибольшее значение имеет специальная аппаратура: теле-аудиозапись, киносъемка скрытой камерой и т. п.

Наблюдение требует значительных затрат времени, исследователь находится в пассивной позиции, он вынужден ждать, когда наступит интересующее его явление. На результаты наблюдения могут повлиять установки, интересы исследователя.

Учитывая эти недостатки, наблюдение используется, в первую очередь, в тех случаях, когда требуется минимальное вмешательство в естественное поведение, когда необходимо получить целостную картину. Часто оно используется на начальных этапах исследования, а затем дополняется другими методами исследования.

Самонаблюдение как реальный процесс всегда присутствует в психологическом исследовании и может выступать в виде самоотчета испытуемого о своих мыслях, ходе решения задачи, переживаниях и т. п.

Особое значение имеет самонаблюдение при изучении динамики сознания, при описании самочувствия в тех или иных состояниях деятельности, динамики представлений и переживаний, мотивов поведения. Большое значение имеют приемы и данные опосредованного самонаблюдения, представленные в виде дневников, автобиографических материалов, переписки.

В медицинской практике всегда используется материал субъективного анамнеза, сопоставляемого с данными клинического и лабораторного исследования (объективного анамнеза).

Необходимо отметить, что сама возможность самонаблюдения и его адекватность зависят от уровня самоанализа, являющегося показателем психического развития человека. В таблице 1.6 приведены применяемые виды наблюдения.

Основной минус наблюдения – низкая достоверность полученных результатов, оно позволяет лишь формулировать гипотезу, требующую тщательной проверки с помощью других методов исследования.

Таблица 1.6 – Виды наблюдений

Внешнее наблюдение	Внутреннее (самонаблюдение)
Способ сбора данных о психологии и поведении человека путем прямого наблюдения за ним со стороны	Наблюдение за своими переживаниями (применяется только в психологии)

Включенное	Невключенное
Психолог сам является непосредственным участником событий	Стороннее наблюдение, позволяет более объективно судить о происходящих событиях

Экспериментальные методы являются ведущими в психологии, как и в любой науке, так как в эксперименте исследователь сам вызывает интересующее его явление и может активно воздействовать на него; может варьировать условия и выявлять на этой основе причины психических явлений. В эксперименте имеется возможность неоднократно повторять и воспроизводить условия и результаты, что позволяет накапливать количественные данные и делать выводы о типичности, закономерности или случайности изучаемых явлений. Основная задача эксперимента в психологии заключается в том, чтобы сделать доступными для наблюдения и изучения существенные особенности внутренних психических явлений. Первой формой экспериментального метода в психологии явился лабораторный эксперимент. Классическими видами лабораторного эксперимента являются методы сенсомоторных реакций (простой двигательной, реакции выбора), психофизические методы (определение порогов и динамики чувствительности). В экспериментальной психологии накоплено большое количество психометрических методов исследования мнемических, перцептивных, аттенционных и других процессов.

Достоинством экспериментального метода является возможность управления экспериментом. При аппаратурном эксперименте используется оборудование, позволяющее строго фиксировать особенности внешних воздействий и соответствующие ответы испытуемых.

Кроме того, возможно применение аппаратуры, регистрирующей психические, вегетативные и другие физиологические проявления (ЭЭГ, ЭКГ и пр.). К числу недостатков экспериментального метода можно отнести непривычные для человека, неестественные условия, что изменяет характер протекания психических процессов, может влиять на психическое состояние, вызывая тревогу, страх.

В естественном эксперименте, в отличие от лабораторного, сохраняется содержание обычной деятельности человека, но создаются условия, при которых обязательно вызывается изучаемое явление. Естественный эксперимент был впервые разработан Лазурским и применен для изучения личности школьника.

Благодаря электронной микроминиатюрной технике, возникла возможность выхода экспериментально-психологических исследований за пределы лаборатории.

Экспериментальнопсихологический метод, использующий портативную аппаратуру, сокращенные циклы экспериментальных процедур и проведение исследования в естественных условиях, получил название полевого эксперимента.

Лабораторный и естественный эксперимент могут быть констатирующими и формирующими. Формирующий эксперимент предполагает активное вмешательство исследователя в изучаемое явление, проектирование, моделирование и формирование психических процессов, состояний и свойств личности.

В настоящее время формирующий эксперимент чаще всего выступает как психологопедагогический, как метод экспериментального развивающего обучения и воспитания детей.

Опрос – это метод, основанный на получении необходимой информации от самих обследуемых путем вопросов и ответов. В таблице 1.7 представлены виды опросов

Таблица 1.7 – Виды опросов

Устный	Письменный
Применяется когда необходимо вести наблюдение за реакциями и поведением испытуемого. Позволяет глубже проникнуть в психологию человека, т.к. вопросы могут корректироваться.	Позволяет охватить большое количество людей за сравнительно небольшое время.

Формы устного опроса:

Беседа – это относительно свободный диалог между респондентом и исследователем на определенную тему. В беседе ярко выражена обратная связь, т.е. каждый последующий вопрос вытекает из ответа на предыдущий. В результате беседа позволяет выявить глубинные процессы, личностные особенности, мотивы поведения и т.д. применяется в индивидуальных исследованиях.

Интервью предполагает наличие стандартного перечня вопросов, которые предъявляются каждому респонденту независимо от его ответов. В результате информация от разных респондентов может сопоставляться, т.е. можно выявить общие тенденции, но трудно выявить индивидуальные различия.

Письменный опрос обычно проходит в форме анкетирования – это опосредованный опрос, который осуществляется с помощью стандартного перечня вопросов, предъявляемых в письменной форме. 3 вида анкет: •закрытые – состоят из вопросов, предполагающих однозначный ответ «да» или «нет»; •открытые – предполагают развернутые ответы; •анкеты-меню – состоят из вопросов, имеющих несколько вариантов ответов и необходимо выбрать наиболее полный.

Тесты – краткие, стандартизированные и ограниченные во времени испытания, предназначенные для количественно-качественной оценки исследуемого психического явления. Тест имеет четкую процедуру отбора и обработки данных, а также психологической интерпретацией полученных результатов.

Необходимо отметить тот факт, что тесты занимают промежуточное положение между субъективными и объективными методиками. Это обусловлено большим разнообразием тестовых методик. Существуют тесты, основанные на самоотчете испытуемых, например тесты-опросники. При выполнении данных тестов испытуемый может сознательно или неосознанно повлиять на результат тестирования, особенно если он знает, как будут интерпретироваться его ответы.

Тест-опросник как метод основан на анализе ответов испытуемых на вопросы, которые позволяют получить достоверную и надежную информацию о наличии или 6 выраженности определенной психологической характеристики. Суждение о развитии данной характеристики осуществляется на основе количества ответов, совпавших по своему содержанию с представлением о ней.

В основе проективных тестов лежит принцип проекции, когда человек, отвечая на поставленные определенным образом вопросы или выполняя задания, отражает в своих ответах скрытые личностные свойства.

Они предполагают свободную интерпретацию исследователем выполняемых испытуемым заданий.

Тест-задание предполагает получение информации о психологических характеристиках человека на основании анализа успешности выполнения определенных заданий.

В тестах этого типа испытуемому предлагается выполнить определенный перечень заданий. Количество выполненных заданий является основанием для суждения о наличии или отсутствии, а также степени развития у него определенного психологического качества. Большинство тестов по определению уровня умственного развития относится именно к этой категории.

Интеллектуальные тесты – определяют основные параметры интеллекта, коэффициент интеллекта и скорость различных видов мышления, свойства внимания и памяти.

Тесты-шкалы предназначены для выявления параметров психических состояний человека в различных ситуациях.

Объективные данные можно получить с помощью эксперимента, при котором создаются условий, в которых изучаемое психическое явление может выявиться.

Главный плюс эксперимента – он позволяет достоверно, надежнее других методов научно объяснить психические явления и их развитие. В таблице 1.8 представлены виды экспериментов.

Таблица 1.8 – Виды экспериментов

Лабораторный	Естественный
Создание искусственной ситуации, в которой изучаемое явление может быть лучше всего выявлено.	Протекает в обычных для испытуемого условиях.

3.3.2.2. Анализ методов тестов. Тест Векслера

Одним из наиболее популярных тестов, определяющий уровень интеллекта – тест Д. Векслера.

Тест Векслера представляет собой эффективное тестирование, которое предназначено для измерения показателя IQ взрослых и детей. Его в 1939 году изобрел Дэвид Векслер — американский психодиагност. Существует одноименная модель интеллекта, на чем и базируется тест Векслера. В общей сложности рассматриваемое испытание позволяет оценить уровень развития интеллекта испытуемого — вербального и невербального.

Тестирование включает в себя 11 различных субтестов, они распределены по 2 большим категориям: 6 — для оценки вербального интеллекта, остальные 5 — невербального. В каждом из этих 11 субтестов есть большое количество вопросов (обычно не более 30), идущих от простого к сложному.

В вербальной группе насчитывается 6 субтестов — чтобы пройти тест Векслера, нужно ответить на вопросы для измерения развития кругозора, понятливости, способности воспроизводить озвученные цифровые ряды и пр. В невербальной же группе 5 субтестов — в них человеку предлагается найти отличия между картинками, выстроить несколько изображений в ряд, сложить геометрические фигуры, находить недостающие части картинки и пр.

За выполнение каждого субтеста испытуемый получает предусмотренное количество баллов, которые переводятся на модель Векслера. Последняя представляет собой специальную шкалу, которая позволяет установить связь между количеством баллов и степенью развития интеллекта.

Рассматриваемая модель Векслера позволяет оценить развитие вербального и невербального интеллектов по отдельности, установить различные нарушения исходя из количества выполненных заданий, определить недостаточно развитые интеллектуальные способности и пр.

Тест Векслера на сегодня считатеся одним из наиболее информативных способов определения IQ. Он используется повсеместно, поэтому со временем начали появляться его новые вариации. Широкое распространение получили следующие три модификации:

- WAIS — тест Векслера для взрослых. Используется для тестирования людей от 16 до 64 лет.

WAIS представляет собой классический вариант теста Векслера.

Рассмотрим субтесты, включенные в вербальную шкалу:

- **«**Общая осведомленность» — испытуемому предлагается ответить на 29 вопросов. Здесь нет заданий, направленных на проверку узкоспециализированных знаний — практически все вопросы общего характера. За каждый правильный ответ участник получает 1 балл.
- «Понимание» — есть 14 заданий, которые предполагают проверку правильности понимания участником различных выражений. В зависимости от ответов испытуемый получает от 0 до 2 баллов.
- «Арифметика» — в данной категории в общей сложности представлено 14 задач из программы начальной школы. Однако решать их нужно только устно: в учет идет не только правильность ответа, но и способность участника оперировать арифметическими действиями в голове, а также количество затраченного времени.
- «Нахождение сходства» — в категории присутствует 13 заданий, в которых участнику предоставляются несколько объектов. Нужно распределить их по группам в зависимости от наличия схожих признаков. За каждый ответ предоставляется от 0 до 2 баллов.
- «Запоминание цифр». Сначала слушателю озвучивают числовой ряд (обычно не более 9 чисел), после чего участник должен воспроизвести его точь-в-точь. Следующее задание — прослушать другой числовой ряд (2-8 чисел) и воспроизвести его в обратном порядке.

- «Словарный запас» — в этой категории проверяется умение участника точно подбирать слова. Чтобы пройти тест Векслера, нужно дать определение 10 обычным терминам из повседневной жизни, затем — 20 менее знакомым словам, после чего потребуется дать определение 12 абстрактным терминам.

Невербальный тест Векслера для взрослых WAIS содержит 5 субтестов:

- «Шифровка» — участнику предлагают перенести кодовые символы со специального ключа для шифрования на ряд из 100 чисел. Большое значение имеет скорость выполнения заданий.
- «Недостающие детали» — испытуемому дают 21 карточку, на каждой из которых есть изображение с какой-то недостающей деталью. Участнику предлагается определить, что именно не хватает. Для каждой карточки дается не более 20 секунд.
- «Конструирование блоков» — участнику дают несколько изображений с чертежами, выполненными в красном и белом цветах. Также он получает кубики таких же цветов. Задача испытуемого — изучить чертеж и собрать из кубиков требуемую конструкцию. Учитываются не только правильность и последовательность действий участника при сборке объекта, но и затраченное время.
- «Последовательные картинки» — в этом тесте участнику дают несколько карточек, на каждой из которых есть определенное изображение с сюжетом. Карточки предоставляются в перемешанном виде, а испытуемому нужно расположить их в порядке развития сюжетной линии. Результат теста Векслера позволяет оценить способность человека собирать целую систему из разрозненных компонентов.
- «Сборка объекта» — требуется собрать какую-то знакомую фигуру из различных частей деталей. Учитывают не только способ сборки, но и затраченное на выполнение задания время.

Субтест 3 Арифметический

Оценки: 1-0. Субтест прекратить при 4 неверно решенных задач.

Инструкция. При выполнении этого задания следует сообщить испытуемому, что сейчас будет две задачи. Лучше начните с фразы «Теперь давайте выполним такие задания»

Начинать нужно с задания №3. Если задачи №3-4 не будут решены, , то вернуться к 1 и 2 задачам. Если задачи решены, то зачесть баллы по задачам 1-2. При выполнении этого субтеста результаты оцениваются по-разному.

Задание 1 – 0 за верное решение - 1 балл, неверное – 0 баллов. Время выполнения приведено в таблице и строго лимитировано.

Задачи зачитываются один раз если испытуемый просит повторить задание, то это повторение входит в изменение продолжительности решения задачи.

№	Задания и контрольные ответы	Время	**Время ответа**	**Оценка**
1	Используются 7 кубиков кокоса. Раскладываются двумя группами (красный цвет наверху) по 3 и 4 кубика. Расстояние между кубиками 0.5 см, а между группами 2 см. спросить: Сколько кубиков получится, если сложить их в одно мес\то?			
	7 кубиков	15”		
2	В банке было 15 печений. Вы съели 8 печений. Сколько осталось?			
	Семь печений	15”		
3	Подсчитайте сумму из 27 и 14			
	Сорок один	15”		
4	Если разрезать торт 3 раза, сколько кусков получится?			
	Шесть кусков	15”		
5	Каков результат вычитания 18 из 45?			
	Двадцать семь	30”		
6	Если поезд движется со скоростью 60 км/ч, какое расстояние он пройдет за два часа?			
	Сто двадцать км	30”		
7	Если в коробке 24 конфеты, а вы достаете 8, сколько конфет останется?			
	Шестнадцать конфет.	30”		
8	Рассчитать произведение 9 на 7.			
	Шестьдесят три	30”		
9	Если прямоугольник имеет длину 8 см и ширину 5 см. какова его площадь?			

	Сорок кв. см.	30”		
10	Во сколько закончится фильм длительностью 1 час 46 минут, начавшийся в 2 часа 45 минут?			
	Два часа шестнадцать минут			
Оценка 1-10 с – 2 балла, больше 10 с – 1 балл				
11	Старую мебель человек купил за 2/3 стоимости новой мебели. Он заплатил 400 руб. сколько стоит новая мебель?			
	600 рублей	**60”**		
12	**В пакетике 75 шариков. Если вы достанете 15%, сколько шариков вы достанете?**			
	Одиннадцать шариков	**60”**		
13	**Если стоимость проезда на такси составляет 350 рублей за первый километр и 30 за каждый последующий километр, сколько нужно заплатить за поездку на 5 км?**			
	Етыреста восемьдесят рублей	**60”**		
Оценка 1 -20 сек – 2 балла, больше 20 сек – 1 балл				
14	**Алексей хочет купить автомобиль стоимостью 2 млн рублей. Банк предлагает рассрочку на оставшуюся сумму при условии первоначального взноса в 500.000 рублей. За сколько лет Алексей сможет полностью выплатить долг, если ежемесячный платеж составляет 30.000 рублей**			
	50 месяцев (4 года 2 месяца)	**120”**		
	Итого баллов:			

*15 баллов и более: Ислтуемый обладает отличными математическими способностями, хорошо развитым логическим мышлением и способностью решать предложенные задачи.

12-14 баллов: Испытуемый демонстрирует хорошие математические навыки и способность решать сложные задачи,

*8-11 баллов: Этот диапазон баллов указывает на средний уровень когнитивных способностей в области арифметики. Испытуемый способен справляться с простыми и некоторыми умеренно сложными задачами.

4-7 баллов: Результат может указывать на умеренные когнитивные затруднения. Испытуемые могут иметь некоторые базовые математические навыки, но испытывают трудности © более сложными задачами,

1-3 балла: Может указывать на умственное снижение или значительные когнитивные нарушения. Также может свидетельствовать о низком уровне базовых математических знаний и слабых навыках логического мышления.

Этот субтест требует не только специальных навыков решения задач в уме, сообразительности и быстроты выполнения арифметических операций (быстроты мышления)

Задания так же требуют концентрации внимания и оперативной памяти.

Из Феноменов в решении заданий следует отметить решение задачи 10. «Во сколько закончится фильм».

Неверное решение этого задания в отведенный лимит времени говорит об определенной акулькуляции, отмечаемой у испытуемого (психоорганика).

Рекомендуется проанализировать успешность выполнения арифметических операций сложения и вычитания в сравнении с делением и умножением и сохранностью автоматизированных арифметических навыков.

Результаты по субтесту часто сравнивают с результатами "повторения цифр" - соотношение внимания и сосредоточенности

Попытки компенсировать нарушения внимания часто включают значительные усилия сосредоточиться, чтобы поддержать процессы, которые в норме должны протекать автоматически.

Как видно из приведенного теста, уровень заданий и баллы за их выполнение основаны на личном опыте разработчика. При этом не учитывается время суток, общее состояние испытуемого, удобство рабочего места и пр.

- **WISC** — проводится для определения IQ у детей в возрасте от 6,5 до 16 лет.

- **WPPSI** — обычно применяют для тестирования детей в возрасте от 4 до 6,5 лет. Однако в нашей стране данная вариация теста Векслера используется крайне редко.

Несмотря на недостатки, тесты пользуются большой популярностью, так как других методов определения IQ пока не найдено.

Поскольку наблюдаемые психические явления имеют исключительно описательный характер, функционирование психических свойств имеет разные интерпретации:

Нейропсихологическая интерпретация основана на том, что с позиций нейропсихологии все психические расстройства связаны с функциональным или морфологическим повреждением в системах трех функциональных блоков мозга:

1) блока регуляции тонуса и активности, уровня сна и бодрствования (ретикулярная формация, лимбическая система, медиобазальные отделы лобной и височной коры);

2) блока приема, переработки и хранения информации (анализаторные системы);

3) блока регуляции, контроля и программирования психической деятельности (моторные, премоторные, префронтальные отделы коры лобных долей). Особое место здесь занимает клиническая психология.

3.3.2.3. Клиническая психология

Клиническая психология – область медицинской психологии, изучающая психические факторы происхождения и течения болезней, влияния болезней на личность, психологические аспекты целебных воздействий. Цель и задачи клинической психологии определяются потребностями психиатрической, неврологической, соматической клиники. В центре внимания клинической психологии (предмета) находится человек с душевными «болями» и проблемами, с трудностями адаптации и самореализации, связанными с состоянием его здоровья.

Исследования в клинической психологии направлены на решение теоретических и практических задач, связанных с психопрофилактикой заболеваний, диагностикой болезней и патологией состояний, психокоррекционными формами влияния на процесс выздоравливания; на решение различных экспертных вопросов, социальную и трудовую реабилитацию. Она изучает влияние психологических факторов на возникновение, течение и процесс выздоровления людей.

Психодиагностические методы направлены на выявление различий между людьми или группами, объединенными по какому-либо принципу: возрасту, полу, образованию, психофизиологическим особенностям, состояниям и др. Результатом использования психодиагностических методов является постановка психологического диагноза. Одним из самых распространенных психодиагностических методов являются тесты. Тест — это проба или короткое испытание. Главным требованием к тесту является стандартизация условий предъявления (поэтому в каждом тесте всегда существует инструкция для пользователя и инструкция для испытуемого), стандартизация тестового материала (это могут быть вопросы, задачи, рисунки и пр.), стандартизация обработки результатов (при обработке используются специально разработанные для каждого теста системы оценок и шкальных показателей). Обязательным признаком стандартизованного теста является наличие системы нормативных показателей, что позволяет сравнивать индивидуальные результаты с нормативными и определять место каждого испытуемого в ряду нормированных показателей (в популяции). Стандартизация предъявления и обработки результатов обеспечивает независимость результатов тестирования от экспериментальной ситуации и от личности исследователя, позволяет сравнивать результаты, полученные разными исследователями, в конечном счете способствует объективности, достоверности психологического диагноза. Среди стандартизованных тестов имеются тесты успешности, психомоторные тесты, психовегетативные, тесты нейродинамических свойств, тесты интеллекта, тесты профпригодности, стандартизованные вопросники.

Для психодиагностики свойств личности, ее характерологических черт, мотивов деятельности, чаще всего применяют проективные тесты. Характерным признаком проективных тестов является неопределенность стимульного материала (это могут быть пятна различной конфигурации, картинки с неопределенным содержанием, неоконченные предложения или неоконченный рассказ). Эти тесты измеряют не отдельные функции, а модус личности. В реакциях на неопределенность стимульного материала проецируются (проявляются) внутренние, часто неосознаваемые личностью, побуждения, проблемы, скрытые мотивы. Работа с проективными тестами требует очень высокой квалификации исследователя как при проведении исследования, так и при интерпретации полученных данных. При использовании тестов необходимо учитывать предшествующие условия жизни и развития испытуемого, уровень образования, степень заинтересованности и мотивации для решения тестовых заданий.

Беседа — метод сбора данных о психических явлениях в процессе личного общения по специально составленной программе. Беседа представляет собой дополнительную к экспериментальным методам методику. В социальной психологии беседа выступает в качестве самостоятельного метода интервью со своей специальной техникой сбора информации, принципами градуирования ответов и шкалой оценок.

Анкетирование – заочный опрос, к нему прибегают в случае, если нужно опросить большое число людей в короткий срок. Анкетирование может носить анонимный характер в случае, если оно касается интимных или остро дискуссионных вопросов. Изучение продуктов деятельности — сбор и анализ результатов деятельности человека: трудовой (изготовленные детали, проекты, картины); учебной (сочинение, учебные задачи, рефераты); игровой (различные постройки, поделки). Используется также хронометраж рабочих или спортивных движений, циклографический анализ трудовых действий.

Биографический метод — сбор и анализ данных о жизненном пути человека. В биографическом методе можно выделить 3 аспекта: биолого-

биографический, заключающийся в изучении объективных условий жизни, событий среды и поведения человека в этой среде; историю переживаний, эволюцию внутреннего мира человека; историю творчества человека.

Особую группу методов составляют приемы обработки данных: количественный, то есть математико-статистический, и качественный, то есть индивидуально-типологический анализ.

Наименее разработанными и исключительно важными являются интерпретационные методы, которые включают в себя различные варианты генетического и структурного методов. Генетический метод может охватывать все уровни развития, от нейронного до поведенческого. Взаимосвязи между частями и целым, то есть функциями и индивидом, субъектом деятельности и личностью определяют структурными методами (психография, типологическая классификация, психологический профиль). При этом генетический метод интерпретирует весь материал исследования в характеристиках развития, выделяя фазы, стадии, критические моменты становления психических функций и свойств личности. Структурный метод интерпретирует весь материал в характеристиках систем и типов связей между ними. Специфическое выражение этого метода представляет собой психография, как целостное синтетическое описание индивидуальности.

Ниже приведены некоторые виды интерпретаций.

Психография является специфичным методом для изучения индивидуально-психологических различий между людьми. Она позволяет выявить связи между потенциальными возможностями, способностями и тенденциями, направленностью индивидуальности, выявить основные противоречия и сформулировать прогноз развития.

Психоаналитихеская интерпретация зависит от того, в рамках какой аналитической школы она происходит, но независимо от школы аналитик пытается ответить на вопрос, почему именно таково содержание его симптома, например навязчивостей или бреда. Эта интерпретация прямо не соответствует психиатрической. В частности, психоанализ рассматривает невротические

расстройства как особую нормативную форму адаптации. Психоанализ фиксируется на уровне симптома, который интерпретируется как результат одного из механизмов защиты, срабатывающего в результате задержки развития на стадиях психосексуальности, психического онтогенеза или в результате регресса к определенным стадиям.

Этническая и культуральная интерпретация учитывает то обстоятельство, что целый ряд психических функций зависит от расовых и культурных, в том числе религиозных, особенностей. Поэтому следует оценивать то или иное проявление как «расстройство» с учетом данных зависимостей. В практике выделяется большая группа особых этнокультуральных психопатологических синдромов.

Возрастная интерпретация выделяет группы синдромов, характерных для определенных возрастных периодов. Для детского возраста относительно специфичными являются синдромы: детского аутизма, патологических страхов и фантазий, олигофрении, психического инфантилизма и гипердинамический, привычных действий. Для подросткового возраста более типичны синдромы дисморфомании, анорексии, гебоидности, нарушения поведения. Для лиц пожилого и старческого возраста характерными являются психоорганические синдромы.

Психоаналитихеская интерпретация зависит от того, в рамках какой аналитической школы она происходит, но независимо от школы аналитик пытается ответить на вопрос, почему именно таково содержание его симптома, например навязчивостей или бреда. Эта интерпретация прямо не соответствует психиатрической. В частности, психоанализ рассматривает невротические расстройства как особую нормативную форму адаптации. Психоанализ фиксируется на уровне симптома, который интерпретируется как результат одного из механизмов защиты, срабатывающего в результате задержки развития на стадиях психосексуальности, психического онтогенеза или в результате регресса к определенным стадиям.

Биологическая интерпретация учитывает данные функциональной и конституциональной морфологии, биохимии, генетики и социобиологии.

Экологическая интерпретация основана на понятии «экология», куда входит определение конкретной средовой «ниши», в которой растет и развивается человек. Она складывается из семейного окружения, группового окружения и глобальной среды.

Кроме того, возможна интерпретация с позиций учения о стрессе и реакций на стресс в понимании Г. Селье (1960).

Историогенетигеская интерпретация, использующая патографический метод, представляет собой комплексное описание личности с акцентом на проявления у нее психопатологических особенностей.

Кроме того, отдельно выделяется интерпретация с позиций психиатрической герменевтики (науки об истолковании).

Психологическая герменевтика занимается истолкованием переживаний, а психиатрическая — психопатологических переживаний.

Психиатрическая герменевтика позволяет соединить объяснение психиатром переживания самому пациенту с попыткой проникновения в переживание, т. е. его пониманием.

Для этих целей необходимо использовать данные всех вышеперечисленных интерпретаций.

3.3.3. Психиатрия

3.3.3.1. Основные задачи психиатрии

Как видно из представленных материалов, огромный объем работ, выполненный психологами, так и не позволил определить конкретные причинно-следственные связи в функционировании центральной нервной системы, а также объяснить конкретные функции и закономерность их

взаимодействия в тех или иных ситуациях, например при одновременном воздействии многих раздражителей.

При этом психология как наука исследует предположительно психически здоровых людей.

Однако однозначных критериев, отличающих здорового от больного, по-видимому, до сих пор нет.

В связи с этим рассмотрим методы анализа психических функций, применяемые в психиатрии.

Основным задачами психиатрии являются распознавание и оценка клинической картины, основанной на изучении этиологии, патогенеза, течения и исхода заболевания.

3.3.3.2. Методологические основы диагностики в психиатрии

Диагностика и диагноз в психиатрии рассматриваются как две стороны врачебного мышления, как две его стадии. Диагностика является разделом клинической медицины, который изучает методы исследования больного с целью распознавания болезни. Это понятие включает в себя также весь процесс изучения больного и рассуждений врача. Диагностическое суждение психиатра, возникая на разных стадиях диагностического процесса, каждый раз носит качественно новый характер в силу того, что диагностика в психиатрии осуществляется на разных уровнях: симптоматологигеском, синдромологигеском и нозологигеском. Психиатр выдвигает диагностическую гипотезу, которая в процессе дальнейшей его деятельности проверяется, уточняется, дополняется, усложняется, пересматривается до тех пор, пока не начинает соответствовать сущности патологического процесса и стоящим перед психиатром задачам. В значительной мере задачам проверки правильности диагностической гипотезы отвечает «принцип соответствия», включающий в себя соотношение состояния больного с анамнезом, сроками течения болезни и обнаружением признаков, характеризующих длительность болезни, особенности

движения симптомов в анамнезе и отражения его в состоянии больного. Динамика врачебного мышления носит, таким образом, не прямой, а спиралевидный характер, возвращаясь время от времени к уже пройденным стадиям.

Для определения диагноза в психиатрии, как и в других разделах медицины, применяется принцип соответствия признакам, наиболее полно, типично отражающими сущность болезни, и признаками, имеющими дополнительное значение, соотношением данных лабораторных исследований с клиникопсихопатологическими особенностями, соматоневрологическими симптомами, соответствием синдромов основным типам течения, совместимостью типичных и не свойственных заболеванию признаков в развитии болезни, их сочетаниями.

3.3.3.3. Методы, используемые в психиатрии

Ведущими методами диагностики в психиатрии являются: клиникоанамнестический (изучение анамнеза жизни и болезни на основании совокупность сведений, получаемых при медицинском обследовании путём расспроса самого обследуемого и/или знающих его лиц,

Клиническое интервьюирование отличается от обычного расспроса тем, что нацелено не только на активно предъявляемые человеком жалобы, но и на выявление скрытых мотивов поведения человека и оказание ему помощи в осознании истинных (внутренних) оснований для измененного психического состояния. Существенным для интервью считается также психологическая поддержка пациента [2,6].

Клиническое интервью — это метод получения информации об индивидуально-психологических свойствах личности, психологических феноменах и психопатологических симптомах и синдромах, внутренней картине болезни пациента и структуре проблемы пациента, а также способ

психологического воздействия на человека, производимый непосредственно на основании личного контакта психиатра и пациента.

3.3.3.4. Основные сведения о психодиагностике в психиатрии

Психодиагностика – это теория, принципы, инструменты оценки и измерения индивидуально-психологических особенностей [1,3, 6]. Связанные с психодиагностикой понятия:

Психологическое тестирование – в целом, равнозначное понятие, которое в большей степени распространено в западной терминологии. В узком смысле обозначает процедуру установления и измерения индивидуальных психологических отличий.

Психометрия – изучает теорию и методику психологических измерений, включая измерение знаний, способностей, взглядов и качеств личности. Психологическая оценка – изучение индивидуальности применительно к возникающим в жизнедеятельности проблем.

Сбор и интеграция данных, которые могут быть получены различными путями. Является более широким понятием, чем психометрия и психологическое тестирование. Все методы психодиагностики можно разделить на три категории: Экспериментальный - выделение фактора и его регистрация. Неэкспериментальный - наблюдение, беседа, продукты деятельности. Диагностический - количественная и качественная оценка

Еще одно разделение по принципам диагностического подхода заключается в следующем:

Объективный подход – диагностика осуществляется на основе успешности выполнения деятельности. Субъективной подход - диагностика на основе самоописания или сообщенной испытуемым о себе информации о поведении, личностных особенностей и т.д.

Проективный подход – диагностика осуществляется на основе взаимодействия с внешне нейтральным материалом. Цель психодиагностического исследования заключается в следующем:

a) Предоставлении дополнительных данных для дифференцированной диагностики;

b) Оценке структуры и степени психических расстройств (в частности, при проведении психиатрической экспертизы – трудовой, военной, судебной и др.);

c) Оценке динамики психических нарушений и объективации эффективности терапии;

d) Исследования личности и социальных позиций больного для постановки функционального диагноза, отражающего степень, способы и основные тенденции компенсации психических расстройств, и служащего основой для системы реабилитационных мероприятий.

3.3.3.5. Порядок проведения психодиагностического исследования

1) Клинико-психологическое исследование – включает знакомство с анамнезом, беседу с испытуемым и наблюдение за его поведением в процессе исследования.

2) Экспериментально-психологическое исследование (ЭПИ) – включает следующий минимальный набор экспериментальных методов, охватывающий основные сферы психической деятельности. Описываются конкретные результаты по отдельным психическим процессам когнитивной сферы, структура и уровень интеллекта, эмоционально волевая сфера личности, индивидуальнопсихологические особенности по следующей схеме:

A) Когнитивные процессы:

a. результаты нейропсихологического исследования;

b. умственная работоспособность, внимание;

c. мнестические процессы;

d. мышление: - особенности динамики, - операционная сторона, - мотивационно-смысловая сторона, - критичность мышления.

B) Интеллект:

- уровень, - особенности структуры (профильный анализ).

C) Личность:

a. структурно-типологические особенности;

b. наличие и уровень тревожных, депрессивных, агрессивных, параноидных тенденций;

c. характер и выраженность эмоционально-волевого дефицита;

d. расстройства адаптации.

3)Набор методик для оценки эффективности терапии – определяется психологом самостоятельно, в зависимости от мишени и вида терапевтического вмешательства.

4) Обработка и анализ данных. Формулирование заключения. Резюме обобщает сведения, полученные по результатам клинико-психологического и экспериментально-психологического исследований.

В нем содержатся целостная характеристика структуры расстройств познавательной и эмоционально-волевой сферы личности в виде определенных патопсихологических симптомокомплексов, однозначно понимаемых психологами и клиницистами.

В резюме также следует включать описание психического состояния испытуемого на момент обследования.

Структура заключения психолога [1, 3, 6]

1. ФИО

2. Задача (цель) исследования

3. Использованные методики;

4. Данные наблюдения и беседы (психический статус)

5. Результаты психодиагностического исследования

6. Заключение

3.3.3.6. Рекомендации по использованию методик психодиагностики

1. Нейропсихологическое исследование гнозиса, праксиса, речи, письма, счета – сенсибилизированные пробы «Стандартизированного набора диагностических нейропсихологических методик»;

2. Исследование работоспособности и внимания (корректурная проба Бурдона, кольца Ландольта, таблицы Шульте-Горбова, методика Мюнстенберга, счет по Крепелену и в модификации Виттенборна и др.) – не менее 1 методики;

3. Исследование памяти (цифровые ряды, 10 слов, воспроизведение рассказов, память на образы, тест Бентона, пиктограммы и др.) – не менее 2 методик;

4. Исследование мыслительной деятельности (классификация, исключение 4-го, сравнение понятий, простые и сложные аналогии, дискриминация существенных признаков, объяснение пословиц и метафор, логический анализ, пиктограммы, свободные и тематические ассоциации, сюжетные картины и др.) – не менее 4 методик, характеризующие операциональную и мотивационносмысловую стороны мышления на вербальном и наглядном материале;

5. Исследование структуры и уровня интеллекта – (тест Векслера, при необходимости, тест Равена или CFIT Кеттелла).

6. Исследование индивидуально-типологических особенностей личности, психических состояний и расстройств адаптации:

7. Многофакторные опросники (MMPI, ISTA, ПДО, Кеттелла, Шмишека, Олдхэма и др.) – не менее 1 методики;

8. -тематические шкалы – тревоги (Тейлора, Спилбергера, ИТГ и др.), депрессии (Гамильтона, Зунга, Бека и др.), агрессивности (Басса-Дарки, Ассингера) и др. – по показаниям;

9. Проективные методики (ТАТ, тесты Роршаха, Розенцвейга, Сонди, Люшера, Hand-test Вагнера, свободный и тематический рисунок и др.) – не менее 1 методики;

10. Самооценка и внутренняя картина болезни (САН, самооценка по ДембоРубинштейн, по Айзенку, Q-сортировка, личностный дифференциал, ТОБОЛ и др.) – не менее 2 методик;

11. Дезадаптирующие факторы и механизмы защиты (ИЖС, незаконченные предложения, реакции на фрустрацию по Розенцвейгу, тест Сонди и др. проективные методики) – не менее 2 методик;

12. Личностные ресурсы, уровень социальной компетенции и копинг-поведение (личностные характеристики, Гиссенский тест, семантический дифференциал, копинг-стратегии по Хейму или Лазарусу) – не менее 2 методик.

Ниже приводится перечень психодиагностических методик, которые могут применяться в процессе клинического интервью

3.3.3.7. Перечень психодиагностических методик, которые могут применяться в процессе клинического интервью

1. Счет по Крепелину. Методику можно использовать для изучения устойчивости внимания, переключаемости внимания (с видоизменением инструкции), умственной работоспособности и психического темпа. Испытуемому предлагается складывать в уме ряд однозначных чисел, записанных столбцом. Результаты оцениваются по количеству сложенных в определенный промежуток времени чисел и допущенных ошибок. Другой вариант – вычитать в уме последовательно число 7 (17) из 100 (200).

2. Методика запоминания 10 слов (Лурия А.Р.). Методика направлена на изучение способности к непосредственному краткосрочному или долговременному запоминанию. Обследуемому зачитывается 10 слов, подобранных так, чтобы между ними было трудно установить какие – либо смысловые отношения. Непосредственно после зачитывания, а также через час после него испытуемому предлагается воспроизвести эти слова в любом порядке. Процедура повторяется 5 раз подряд. Отмечаются следующие показатели: 1. количество воспроизведенных слов; 2. количественная динамика

воспроизведенных слов (кривая запоминания). Кроме того, через час можно попросить пациента повторить те слова, которые он смог запомнить, тем самым проверяя отсроченное запоминание.

3. Пробы на выявление галлюцинаторных и иллюзорных симптомов. Проба Ашафенбурга – испытуемому предлагается разговаривать по телефону, который предварительно отключен от сети. Проба Рейхардта испытуемому предъявляется чистый лист бумаги и предлагается рассмотреть то, что на нем нарисовано. Проба Липмана после надавливания на веки испытуемого предлагается сказать, что он видит.

4. Оценка ориентировки – получение информации о месте, времени, собственной личности, которые описаны выше. Кроме того, можно дополнить вопросами о ближайших известных фактах – ближайшие праздники, имя президента, имена родственников, стоимость продуктов, размер пенсии и проч.

5. Понимание переносного смысла пословиц и метафор. Методика применяется для исследования интеллектуального уровня, целенаправленности и критичности мышления. Помимо объяснения больным переносного смысла пословиц и метафор проверяется также, насколько они соотносятся обследуемым с действительностью, с событиями собственной жизни.

6. Сравнение понятий. Для определения понятия необходимо проанализировать ряд признаков предмета или явления и выделить из них наиболее существенные. Степень точности определения зависит от признаков, избираемых для характеристики того или иного предмета или явления. Наиболее точно определение через ближайший род и видовое отличие (например, стол — это вид мебели, необходимый в быту или для работы); правильное, но менее точное определение основано лишь на родовых признаках (стол—это мебель); на более низком уровне находится определение предмета по функциональному признаку (стол для того, чтобы есть или писать); совершенно недостаточным является определение, отмечающее лишь наглядные признаки предмета (стол — деревянный, на 4 ножках). С помощью этой методики обнаруживаются способность выделять основные признаки, характер построения определения,

четкость формулировки. Легко выявляется расплывчатость суждений, избыточная детализация, склонность к резонерству.

7. Оценка общей эрудиции. Имеет значение при обследовании пациентов с умственной отсталостью. Уместны вопросы из общих школьных знаний: «столица России», «что крутится вокруг Солнца», «в каком году была октябрьская революция в России» и т.п.

В связи со сложностью постановки диагноза у психических больных к настоящему времени разработан ряд классификаций психических расстройств.

В частности, классификатор МКБ-10, включающмй в себя следующие расстойства:

F10-F19 – Психические и поведенческие расстройства вследствие употребления психоактивных веществ.

F20-F29 – Шизофрения, шизотипическое и бредовые расстройства.

F30-F39 – (Аффективные)расстройства настроения.

F40-F48 – Невротические связанные со стрессом и соматоформные расстройства.

F50-F59 – Поведенческие синдромы, связанные с физиологическими нарушениями и физическими факторами.

F60-F69 – Расстройства зрелой личности и поведения у взрослых.

F70-F79 – Умственная отсталость.

F80-F89 – Расстройства психологического развития.

F90-F98 – Поведенческие расстройства детского и подросткового возраста.

Одной из наиболее актуальных проблем психиатрии являются массовые психозы и судебно-психиатрическая экспертиза.

3.3.3.8. Массовые психозы

Массовый психоз (или массовая истерия) считается психическим расстройством, при котором большое количество людей в одной группе или обществе начинает испытывать симптомы, похожие на симптомы психического заболевания. Обычно такие симптомы включают в себя галлюцинации, иллюзии, панику, боязнь, агрессию, беспорядочное поведение и т.д.

Массовые психозы вызываются различными культурными, социальными, религиозными, политическими или иными факторами, вызывающими сильный коллективный эмоциональный стресс.

В соответствии с современными классификациями психических болезней, массовые психозы относят к диссоциативным расстройствам, характеризующихся нарушением единства восприятия, памяти, сознания и личности, проявляющихся в разных формах, в том числе деперсонализацию, дереализацию, расстройства восприятия, амнезию и другие симптомы.

3.3.3.9. Проблема судебно-психиатрической экспертизы

В последние десятилетия отмечается рост массовых психозов, связанных с массовыми самоубийствами на религиозной почве и который создаётся чаще всего создается членами сект, например «Ветвь Давидова», «Храм Солнца» и другими.

В соответствии со статьей 19 Конституции России, все равны перед законом и судом.

При этом государством обеспечивается гарантия этого равенства вне зависимости от различных факторов, таких как пол, национальность раса религия и т.д.

Это положение нашло отражение и в ряде других нормативно-правовых актов, регулирующих различные сферы общественной жизни, в частности, в статье 4 уголовного кодекса РФ, формулирующего принцип равенства граждан перед законом, выражающегося в распространении действия закона на всех лиц, которые совершили то или иное преступное деяние.

Для того чтобы указанное равенство было возможно реализовывать на практике, используется принцип неотвратимости наказания всех людей, которые подпадают под критерии, необходимые для привлечения лица к уголовной ответственности, например, возраст, вменяемость и т.д.

Актуальность вопроса, касающегося вменяемости или невменяемости обусловлена тем, что на территории России ежегодно совершается значительное

количество преступлений, при расследований которых встает вопрос о необходимости привлечения совершивших преступление лиц к уголовной ответственности, где правоприменителю необходимо руководствоваться критерием вменяемости.

Как показывают статистические данные, количество совершенных преступлений выглядит следующим образом: 2018 год – 1991532; 2019 год – 2024337; 2020 год – 2044221; 2021 год – 2004404; 2022 год (январь-октябрь) – 1677066.

К настоящему времени в правовых документах отсутствует определение понятий вменяемый и невменяемый.

В статье 22 УК РФ «Уголовная ответственность лиц с психическим расстройством, не исключающим вменяемости» указано следующее:

1. Вменяемое лицо, которое во время совершения преступления в силу психического расстройства не могло в полной мере осознавать фактический характер и общественную опасность своих действий (бездействия) либо руководить ими, подлежит уголовной ответственности.

2. Психическое расстройство, не исключающее вменяемости, учитывается судом при назначении наказания и может служить основанием для назначения принудительных мер медицинского характера.

Указанное понятие вменяемость включает в себя два критерия:

- осознание общественной опасности совершаемого деяния;
- возможность руководствоваться своими действиями и нести за них ответственность.

В данном случае этот термин законодательно не закреплен, в отличие от невменяемости, которая устанавливается статьей 21 указанного федерального закона, в соответствии с которой невменяемость определяется как невозможность лица осознавать характер и общественную опасность своих действий, руководить ими и нести за них ответственность в связи с хроническим психическим расстройством. Здесь речь идет о том, что у лица имеются либо постоянные, либо возникающие с определенной цикличностью определенные

болезненные процессы психики, которые сложно и долго излечимы либо которые вовсе невозможно излечить, например, такие как шизофрения, слабоумие, т.е. случаи, когда у лица нет нормальных умственных способностей, иные болезненным психическим состоянием и т.д. и в связи с временным психическим расстройством. Такого вида заболевания подлежат излечению по истечении того или иного времени, к примеру, белая горячка патологический аффект и другие;

С юридической позиции этого критерия речь смысл в том, что невменяем тот человек, у которого отсутствует интеллектуальный или волевой признак. Под волевым критерием подразумевается, что человек не может руководить своими действиями, а интеллектуальный означает, что лицо не осознает те действия, которые оно совершает, то есть отсутствует понимание фактической стороны.

Под биологическим критерием обычно понимают случаи, когда у человека имеется какое-либо психическое расстройство, которое относится к указанным в статье 21 УК РФ и рассмотрены нами выше.нность по следующим причинам .

Для признания лица, совершившего преступление, невменяемым необходимо установить наличие и биологического, и юридического критерия.

Невменяемое лицо не может быть привлечено к уголовной ответственности за совершенное деяние, однако согласно статье 21 уголовного закона, к нему могут применяться меры медицинского характера, которые определяются судом. В рамках затрагиваемой нами темы показательной является статья 22 УК РФ, в части 2 данной которой указывается, что наличие такого состояния должно быть учтено судом при вынесении решения и назначении наказания, а также может стать на усмотрение суда основанием для того, чтобы к такому лицу были применены меры медицинского характера.

Здесь необходимо обратить внимание и на то, что применяемые меры медицинского характера не следует рассматривать как наказание за преступление, они лишь направлены на то, чтобы оградить общество от опасности и оказать лечение больному для его же блага.,

Существует большое количество проблем, связанных с вменяемостью и невменяемостью в российском уголовном праве, например не закреплены каким-либо образом признаки, которые бы давали возможность определить психическое расстройство, которое не исключает вменяемости, отсутствие законодательного закрепления понятия «вменяемости» и для ее решения предлагается закрепить такое понятие, что станет важной основой для привлечения к ответственности.

Однако, по нашему мнению, такой необходимости нет, законодатель закрепил понятие невменяемости в статье 21 УК РФ, от которого можно исходить для определения вменяемости. Наконец, в качестве еще одной проблемы выделяется то, что в правоприменительной деятельности часто возникают сложности именно с оценкой уровня биологического критерия.

В связи с этим возникают споры по поводу того, в какой именно момент вменяемость переходит в невменяемость. Отметим, что решение вопроса о том, вменяем человек или нет, может быть принято только по результатам судебно-психиатрической экспертизы.

ПРи этом возникает еще одна дилемма, требующая решения: каким образом выстраивать решение о вменяемости/невменяемости лица, если оно сначала совершило преступление, а затем, до назначения наказания, у него появилось или развилось то или иное психическое расстройство. Данная дилемма решается следующим образом: в связи с его нынешним состоянием здоровья применить к нему меры уголовного наказания нельзя, это станет возможным лишь в тот момент, когда лицо выздоровеет, а если болезнь не поддается излечению, уголовное преследование прекращается и лицо к ответственности не привлекается. Такое положение раскрывается Верховным судом в одном из Постановлений.

Аналогичным образом решается вопрос и в случаях, когда лицо уже отбывает наказание.

Одной из актуальных проблем уже медицинского плана, также связанной с вопросом вменяемости и невменяемости в уголовном праве, в настоящее время

является отсутствие единой классификации психических заболеваний, что осложняет проведение судебно-психиатрической экспертизы, в частности, и принятие судебного решения в целом.

В связи с этим в ряде случаев лица, совершившие уголовно запрещенные деяния, пользуются такими пробелами, чтобы избежать наказания за содеянное преступление.

Однако до сих пор ни психиатры, ни психологи не могут придти к разгадке психического составляющего организма человека, в связи с чем, составить этот перечень не представляется возможным.

Как следствие – определение вменяемости и невменяемости отдается на усмотрение экспертов, а регулирование этой области в современном российском законодательстве носит лишь рамочный характер, четкие признаки психических расстройств не устанавливаются.

Таким образом, отметим, что вменяемость и невменяемость является важнейшими критериями, при наличии которых можно говорить о возможности или невозможности привлечь лицо к уголовной ответственности.

При вменяемости лицо всегда должно быть привлечено к ответственности; при невменяемости к лицу применяются меры медицинского характера; при совершении деяния в состоянии вменяемости, но при наличии психического расстройства судом может быть либо назначено наказание с учетом этого обстоятельства, либо применены меры медицинского характера.

4. Некоторые не решенные техногенные проблемы безопасности

4.1. Безопасность дорожного движения

Безопасность дорожного движения обеспечивается:

- требованиями к техническому состоянию автотранспортных средств;

- требованиями к техническому состоянию автомобильных дорог;

- техническими средствами организации дорожного движения;

- правилами дорожного движения;

- требованиями к состоянию здоровья водителей автотранспортных средств.

4.1.1. Требования безопасности к техническому состоянию автотранспортных средств

Требования безопасности к техническому состоянию автотранспортных средств регламентировны ГОСТ Р 51709-2001. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки

Этот стандарт устанавливает:

- требования безопасности к техническому состоянию автотранспортных средств (АТС);

- предельно допустимые значения параметров технического состояния АТС, влияющих на безопасность дорожного движения и состояние окружающей среды;

- методы проверки технического состояния АТС в эксплуатации.

В состав требований входят:

- требования к тормозному управлению

- требования к рулевому управлению

- требования к внешним световым приборам и светоотражающей маркировке

- требования к стеклоочистителям и стеклоомывателям

- требования к шинам н колесам

- требования к прочим элементам конструкции

Как показал анализ этого документа, к разным типам автотранспортных средств применяются разные требования, в связи с чем на автомобильных

дорогах различные автотранспортные средства находятся на разных уровнях безопасности.

4.1.2. Требования к безопасности автомобильных дорог

Требования безопасности автомобильных дорог регламентированы ГОСТ Р 50597-2017 «Дороги автомобильные и улицы.

Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля.

Этим документом установлены требования к параметрам и характеристикам эксплуатационного состояния (транспортно-эксплуатационным показателям) автомобильных дорог общего пользования (далее - дорог), улиц и дорог городов и сельских поселений (далее - улиц), железнодорожных переездов, допустимого по условиям обеспечения безопасности дорожного движения, методам их контроля, а также предельные сроки приведения эксплуатационного состояния дорог и улиц в соответствие его требованиям. В соответствии с этим ГОСТом дороги делятся на группы, представленные в таблице 1.9.

К дорогам предъявляются требования

- к покрытию проезжей части, обочинам, разделительным полосам, тротуарам, пешеходным и велосипедным дорожкам;

Таблица 1.9 – Деление дорог на группы

Группы улиц	Категории дорог и улиц городов и сельских поселений*
А	Магистральные дороги скоростного движения, магистральные улицы общегородского значения непрерывного движения
Б	Магистральные дороги и магистральные улицы общегородского значения регулируемого движения
В	Магистральные улицы районного значения транспортно-пешеходные

Г	Магистральные улицы районного значения пешеходно-транспортные, поселковые дороги
Д	Улицы и дороги местного значения (кроме парковых), главные улицы, улицы в жилой застройке основные
Е	Улицы в жилой застройке второстепенные, проезды основные, велосипедные дорожки

- к элементам обустройства и к оборудованию железнодорожных переездов;

- к видимости;

- к эксплуатационному состоянию в зимний период.

Кроме того, для обеспечения безопасности дорожного движения разработаны ГОСТы: ГОСТ Р 59292-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Требования к уровню летнего содержания» и

ГОСТ Р 59434-2021 «Дороги автомобильные общего пользования Требования к уровню зимнего содержания».

4.1.3. Обеспечение безопасности дорожного движения техническими средствами организации дорожного движения

К техническим средствам организации дорожного движения относятся дорожные знаки, дорожная разметка, светофоры, дорожные ограждения и направляющие устройства.

С помощью этих средств путем их визуального контроля, а так же в соответствии с правилами дорожного движения, должны обеспечиваться безопасные условия движения автотранспортных средств.

Порядок их применения основан на результатах многочисленных статистических исследований, и в подавляющем большинстве случаев их применение в различных странах мира идентично либо достаточно близко.

В России правила применения дорожных знаков, дорожной разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств предусмотрены ГОСТом Р 52289-2004.

Дорожные знаки

В наибольшем количестве для организации дорожного движения применяют дорожные знаки.

С целью международной унификации дорожных знаков 8 ноября 1968 была принята Венская конвенция о дорожных знаках и сигналах, в результате которой дорожные знаки, световые сигналы и маркировки проезжей части были стандартизированы. Конвенция была разработана во время конференции ЮНЕСКО с 7 октября по 8 ноября 1968 в Вене и вступила в силу 6 июня 1978 года. Одновременно на конференции была разработана Венская конвенция о дорожном движении, которая унифицировала правила дорожного движения.

По своему назначению знаки делятся на предупреждающие, приоритета, запрещающие, предписывающие, особых предписаний, информационные, сервиса и дополнительной информации.

Для оперативного распознавания знаков водителями во время движения они имеют разную форму и цветовое оформление. Дорожные знаки размещаются справа от дороги или над ней, как это показано на рисунке 1.1.

Рисунок 1.1 – Размещение дорожных знаков сверху и справа

Для обеспечения большей безопасности знаки дублируются справа над дорогой, как это видно из рисунка 1.2.

Знаки должны быть видимы с расстояния не менее 100 м.

Однако, как видно из рисунка 1.2 в случае, если крупногабаритное транспортное средство движется по первой полосе, оно закроет дорожные знаки, расположенные справа, от автомобиля, движущегося по второй полосе, что может привести к ДТП.

Рисунок 1.2 – Размещение дублирующих знаков над дорогой

Поэтому на дорогах с двумя и более полосами движения в данном направлении знаки 1.1, 1.2, 1.20.1-1.20.3, 1.25, 2.4, 2.5, 3.20, 3.24*, установленные справа от проезжей части, дублируют сверху или слева от дороги.

Разметка дорог

Разметка дорог устанавливает режимы, порядок движения, является средством визуального ориентирования водителей и может применяться как самостоятельно, так и в сочетании с другими техническими средствами организации дорожного движения.

Большим преимуществом разметки дорог является ее непрерывная видимость.

Причем в ряде стран для улучшения видимости кроме специальной краски или пластиковой разметки на дорогах устанавливают катафоты, как это видно из рисунка 1.3.

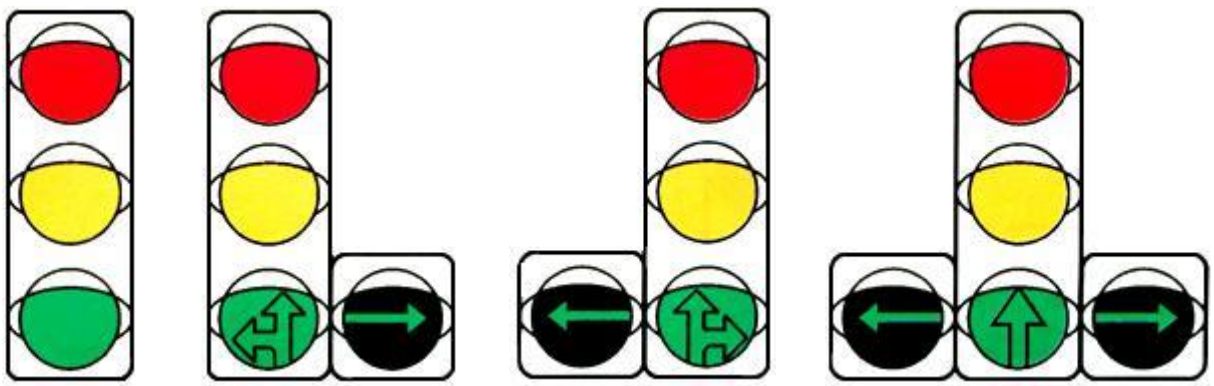
Рисунок 1.3 – Катафоты на автомобильной дороге

Светофоры

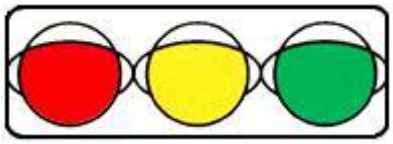
Светофоры применяют для регулирования очередности пропуска транспортных средств и пешеходов, а также для обозначения опасных участков дорог.

В России применяют типы светофоров, представленные на рисунке 1.4.

А.1 Транспортные светофоры



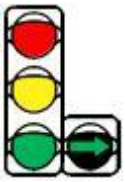
Т.1 Т.1.п Т.1.л Т.1.пл



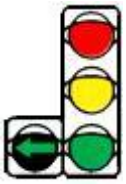
Т1г

Т.2

Т.3

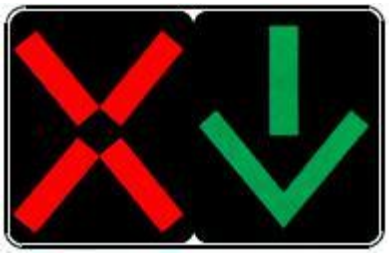


Т.3.п

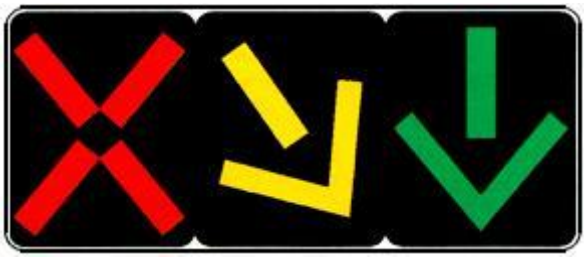


Т.3.л

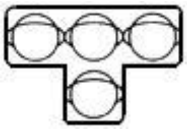
Т.4



Т.4

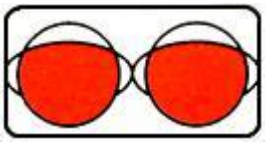


Т.4.ж

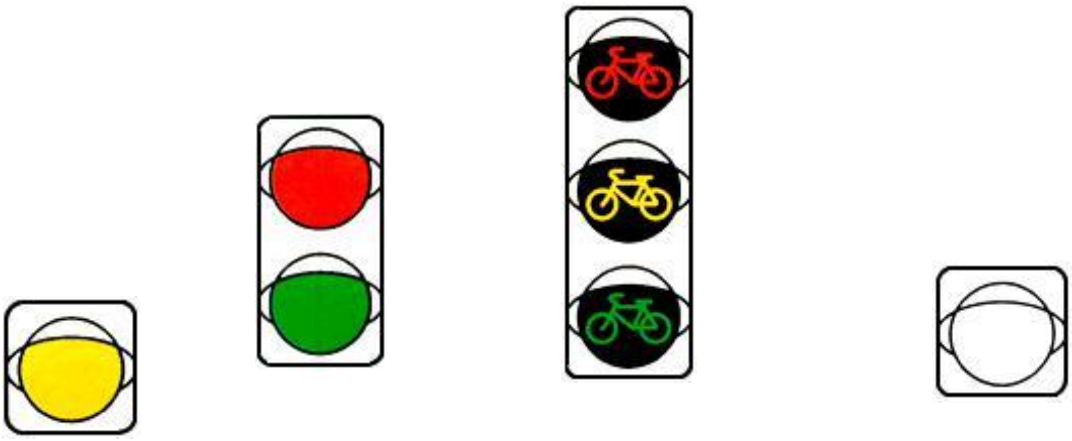


Т.5

Т.6



Т.6.д



Т.7 Т.8 Т.9 Т.10

А.2 Пешеходные светофоры

П.1 П.2

Рисунок 1.4 – Типы светофоров, применяемых в Российской Федерации

Светофоры Т.1 и Т.1.г применяют на перекрестках в случае одновременного пропуска транспортных средств во всех разрешенных направлениях с данного подхода к перекрестку и на регулируемых пешеходных переходах, расположенных между перекрестками.

Светофоры Т.2 применяют для регулирования движения в определенных направлениях в случаях, когда транспортный поток, движущийся по их разрешающемуся сигналу, не имеет в пределах перекрестка пересечений (слияний) с транспортными потоками других направлений.

Светофоры Т.1 с дополнительной(ыми) секцией(ями) применяют для раздельного пропуска транспортных средств в определенных направлениях на

данном подходе к перекрестку, если в пределах перекрестка предусмотрены пересечения (слияния) транспортных потоков различных направлений, а также при постоянном пропуске транспортного потока на разрешающий сигнал дополнительной секции.

Светофоры Т.3 любых исполнений устанавливают на одной стойке со светофорами Т.1 таких же исполнений.

Светофоры Т.4 любых исполнений применяют для регулирования движения на отдельных полосах проезжей части при организации реверсивного движения.

Светофоры Т.5 применяют только для бесконфликтного регулирования движения трамваев, а также маршрутных автобусов и троллейбусов, движущихся по специально выделенной полосе.

Светофоры Т.6 любых исполнений и светофоры Т.10 применяют для регулирования движения через железнодорожные переезды.

Светофоры Т.6 любых исполнений, кроме того, применяют для регулирования движения через разводные мосты и на причалах паромных переправ. Допускается применять их в местах выезда на дорогу транспортных средств оперативных служб.

Светофоры Т.7 применяют для обозначения нерегулируемых перекрестков и пешеходных переходов.

Светофоры Т.8 допускается применять для регулирования движения на внутренних территориях предприятий, организаций, а также при временном сужении проезжей части для организации реверсивного движения по одной полосе.

Светофоры Т.9 применяют для регулирования движения велосипедистов в местах пересечения велосипедной дорожки с проезжей частью дороги или регулируемым пешеходным переходом.

Светофоры П.1 и П.2 применяют для регулирования движения пешеходов через дорогу на регулируемых перекрестках и пешеходных переходах вне перекрестков.

При установке транспортных светофоров (кроме Т.3 любых исполнений, Т.9, П1 и П2) должна быть обеспечена видимость их сигналов с расстояния не

менее 100 м с любой полосы движения, на которую распространяется их действие.

Сигналы дополнительной секции светофоров Т.1п, Т.1л, Т.1пл и сигнал светофора Т.9 должны распознаваться на расстоянии не менее 50 м.

Для улучшения видимости дополнительной секции светофоры Т.1.п, Т.1.л и Т.1.пл оборудуют экранами белого цвета прямоугольной формы с закругленными углами, выступающими за габариты светофора на 120 мм.

При установке светофоров Т.3 любых исполнений должна быть обеспечена видимость их сигналов для водителя транспортного средства, остановившегося перед знаком 6.16 "Стоп-линия" или разметкой 1.12 "Стоп-линия" на крайней полосе, ближайшей к этому светофору.

Светофоры Т.4 любых исполнений устанавливают перед въездом на полосу и на протяжении всего участка дороги над каждой полосой с реверсивным регулированием. При этом с места установки каждого светофора должна быть обеспечена видимость сигналов следующего по ходу движения светофора.

Светофоры П.1 и П.2 устанавливают на тротуарах с обеих сторон проезжей части, а при наличии разделительной полосы или приподнятого островка безопасности - и на них, если число полос движения в одном направлении более двух.

При установке пешеходных светофоров должна быть обеспечена видимость их сигналов пешеходами с противоположной стороны проезжей части дороги. Пешеходными светофорами оборудуют все пешеходные переходы, расположенные на регулируемом перекрестке.

Транспортные светофоры (кроме Т.1.г) устанавливают сбоку от проезжей части перед перекрестком или над проезжей частью (кроме Т.3, Т.6, Т.10). Светофор Т.1.г устанавливают только над проезжей частью.

Справа от проезжей части данного направления устанавливают светофоры Т.1, Т.1.п, Т.1.пл, Т.2 со стрелками "прямо", "направо", "прямо и направо", Т.3, Т.3.п, Т.6, Т.7, Т.8, Т.9 и Т.10. Светофоры Т.1.л, Т.2 со стрелками "налево" или "прямо и налево" и Т.3.л устанавливают слева на разделительной полосе,

направляющем островке или островке безопасности, при одностороннем движении - слева от дороги.

Светофоры Т.1.п и Т.2 (со стрелкой "направо") дублируют, если поворот направо осуществляется в два ряда и более. Дублирующие светофоры устанавливают на перекрестке или непосредственно за ним между проезжими частями или справа.

Перечисленные правила применения светофоров в России не обеспечивают достаточную безопасность дорожного движения по следующим причинам.

1. Светофоры, установленные справа и слева от проезжей части, могут быть закрыты крупногабаритными транспортными средствами;

2. Применение дополнительных секций у светофоров типа Т.1л, Т.1п, Т1пл, Т.3п и Т.3л создают конфликтную ситуацию при проезде перекрестков при запрещении движения вперед, так как при этом сталкиваются потоки автотранспортных средств, движущихся в поперечном направлении и осуществляющих поворот налево или направо.

Для исключения такой ситуации в ряде стран светофоры устанавливаются над проезжей частью, что обеспечивает их безусловную видимость всеми участниками дорожного движения, например в США, как это показано на рисунке 1.5.

Рисунок 1.5 - Размещение светофоров в США

В Израиле для бесконфликтного проезда перекрестков для каждого направления движения устанавливается отдельный светофор с указателем направления его действия, установленным над ним в виде дорожного знака, как это видно из рисунка 1.6.

Рисунок 1.6 – Светофоры в Израиле

Дорожные ограждения и направляющие устройства

Применение на участках автомобильных дорогах дорожных ограждений различных типов позволяет снизить тяжесть последствий ДТП при опрокидывании и столкновении, а также влияет на снижение числа и тяжести ДТП при наезде на пешеходов, велосипедистов и на диких животных.

Удерживающие ограждения (далее - ограждения) устанавливают:

- на обочинах автомобильных дорог;

- на газоне, полосе между тротуаром и бровкой земляного полотна, тротуаре городской дороги или улицы;

- с обеих сторон проезжей части мостового сооружения;

- на разделительной полосе автомобильной дороги, городской дороги или улицы, мостового сооружения. Пример удерживающего устройства представлен на рисунке 1.7.

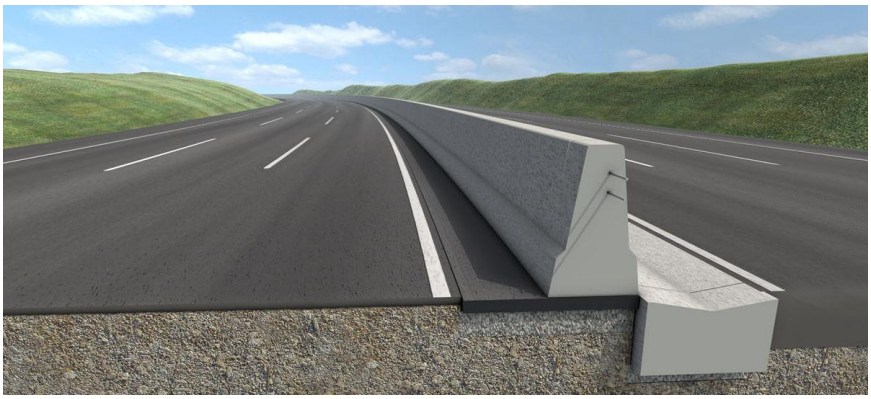


Рисунок 1.7 – Удерживающие ограждения

Поведение пешеходов на автомобильных дорогах регламентировано «Правилами дорожного движения». Однако в определенных случаях, например недостаточной видимости) они могут подвергаться серьезной опасности, в связи с чем в отношении пешеходов применяются такие меры, как установка пешеходных ограждений, соответствующих дорожных знаков и других средств.

Серьезной проблемой безопасности дорожного движения является так же вероятность столкновения с дикими животными.

Анализ отечественного и зарубежного опыта применения ограничивающих пешеходных и защитных ограждений на автомобильных дорогах показал следующее.

Наиболее трудноразрешимой проблемой является предотвращение ДТП с дикими животными. Выход животных на автомобильную дорогу связан тем, что при возведении земляного полотна дороги происходит раздел территории обитания животных и нарушаются пути их миграции.

Отгороженные друг от друга территории оказывают неблагоприятное влияние на численность и генофонд популяции диких животных. И в дальнейшем это может привести к вырождению вида. В России и СНГ защитники дикой природы настаивают на строительстве специальных переходов для животного мира.

Места пересечения дорог дикими животными концентрируются, как правило, на отдельных участках.

При этом устанавливаются потенциально опасные места, где вероятность пересечения животными проезжей части достаточно высока. Для предотвращения ДТП с дикими животными применяются разнообразные меры: устанавливают изгороди вдоль дороги, предупреждающие дорожные знаки, зеркала для отпугивания диких животных, производят расчистку леса с целью улучшения видимости, снижают скоростной режим, сооружают биопереходы (зверо-переходы, скотопрогоны, экодуки).

На рисунке 1.8 показан пример экодука.

За рубежом нормативные документы так же рекомендуют устраивать тоннельные переходы под насыпями и широкие проходы над выемками, с использованием специальных сетчатых ограждений на путях миграции животных с учетом размеров животных и особенностей их миграции.

Рисунок 1.8 – Экодук на 170-м километре трассы М3 «Украина».

К настоящему времени разработаны и используются множество различных устройств и сооружений для переходов животных: проходы – под проезжей частью (трубы, арочные конструкции, модифицированные водопропускные сооружения, бетонные тоннели) и переходы - над проезжей частью (ландшафтные мосты, экодуки и переходы по вершинам деревьев),

Однако наряду с этими устройствами наиболее простым способом для предотвращения выхода животных на дорогу является сооружение изгородей. Несмотря на свою простоту, это достаточно эффективная мера: в Финляндии произошло сокращение ДТП со смертельным исходом с участием животных на

15 %, в Норвегии сокращение учетных ДТП с участием животных на 55 %. Их применение должно сочетаться с периодическими разрывами, снабженными соответствующими датчиками и системами информирования водителей о приближении животных. Использование всех вышеперечисленных мероприятий позволит повысить безопасность дорожного движения, увеличить популяцию диких животных, уменьшить число выходов животных на дорогу.

По результатам накопленного опыта эксплуатации ограничивающих пешеходных ограждений, установленных в крупных городах РФ, целесообразно выделить следующий перечень основных проблем и негативных последствий, связанных с ограничивающими пешеходными ограждениями:

1. Пешеходные перильные ограждения не способны защитить пешеходов от выезжающих на тротуар автомобилей, и сами выступают в качестве поражающих элементов,

2. Ограждения препятствуют доступу водителей и пассажиров автомобилей на тротуар.

3. Препятствуют и усложняют доставку грузов в расположенные на улице заведения.

4. Пешеходные ограждения, устанавливаемые на тротуарах, уменьшают эффективную ширину как тротуара, так и проезжей части.

5. При установке на газонах ограждения дублируют естественные (живая изгородь) и искусственные газонные ограждения.

6. Пешеходные ограждения по краям проезжей части в некоторых ситуациях ограничивают видимость для водителей автомобилей.

7. На узких тротуарах пешеходные ограждения препятствуют механизированной уборке или вовсе делают её невозможной.

8. Пешеходные ограждения затрудняют обход опасных зон (падение сосулек) в зимнее время, а на узких тротуарах делают такой обход практически невозможным.

9. Пешеходные ограждения значительно снижают эстетическую привлекательность городских улиц.

Вследствие перечисленных недостатков пешеходных ограждений, устанавливаемых между проезжей частью и тротуаром, экономический ущерб и снижение безопасности дорожного движения и комфорта участников движения могут быть весьма значительны.

В Российской Федерации основными документами, регламентирующими требования, методы испытаний конструкций и правила применения ограничивающих пешеходных и защитных ограждений на автомобильных дорогах, являются: ГОСТ 33127-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Ограждения дорожные. Классификация», ОДМ 218.6.017-2015 «Методические рекомендации по применению дорожных ограждений различного типа на автомобильных дорогах федерального значения» и СТО АВТОДОР 2.27-2016 «Требования к ограничивающим пешеходным и защитным ограждениям на автомобильных дорогах государственной компании «Автодор».

На рисунке 1.9 приведена классификационная схема существующих дорожных ограждений по ОДМ 218.6.017-2015.

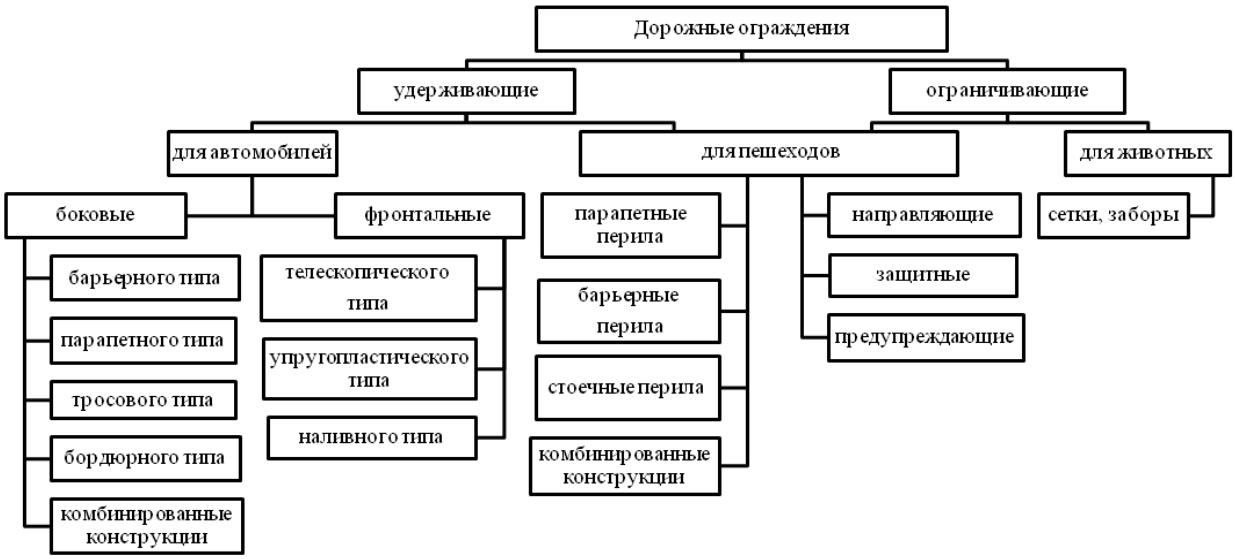


Рисунок 1.9 – Классификационная схема существующих дорожных ограждений по ОДМ 218.6.017-2015

Как видно из классификационной схемы, дорожные ограждения должны иметь различные параметры и конструкции в зависимости от назначения.

Согласно пп.4.8, 4.9 ГОСТ 33127-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Ограждения дорожные. Классификация» удерживающие пешеходные ограждения (УПО) подразделяют на следующие типы:

- перила парапетные (недеформируемые конструкции);

- перила барьерные (внешнее воздействие воспринимается упругими деформациями всех элементов конструкции - стоек, поручня, заполнения);

- перила стоечные (внешнее расчетное воздействие воспринимается в основном упругими деформациями стоек);

- иные типы конструкций (в том числе сочетание вышеперечисленных).

И соответственно ограничивающие пешеходные ограждения подразделяют на типы:

- направляющие, указывающие направление движения пешеходов;

- предупреждающие, для исключения попадания человека в опасную зону.

Согласно пп.4.10 ГОСТ 33127-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Ограждения дорожные. Классификация» защитные ограждения для животных (ЗО) подразделяют на щитовые, экранные (сетки) и конструкции иных типов.

Согласно п.8.4 ОДМ 218.6.017-2015 «Методические рекомендации по применению дорожных ограждений различного типа на автомобильных дорогах федерального значения» Ограничивающие пешеходные ограждения следует применять:

- перильного типа или сетки на разделительных полосах шириной не менее 1 м между основной проезжей частью и местным проездом – напротив остановок общественного транспорта с подземными или надземными пешеходными переходами в пределах длины остановочной площадки, на протяжении не менее 20 м в каждую сторону за ее пределами, при отсутствии на разделительной полосе удерживающих ограждений для автомобилей;

- перильного типа - у наземных пешеходных переходов со светофорным регулированием с двух сторон дороги, на протяжении не менее 50 м в каждую сторону от пешеходного перехода, а также на участках, где интенсивность

пешеходного движения превышает 1000 чел./ч на одну полосу тротуара при разрешенной остановке или стоянке транспортных средств и 750 чел./ч - при запрещенной остановке или стоянке.

Согласно требованиям п.п. 8 и 9 ОДМ 218.6.017-2015 дорожные ограждения для пешеходов состоят из стоек, поручней (перил), вертикальных элементов заполнения или сетки. На рисунке 3.9 показан пример конструктивного исполнения ограждения пешеходного удерживающего.

При этом, по п.8.2 ОДМ 218.6.017-2015 в зависимости от функционального назначения дорожные ограждения для пешеходов подразделяются на: удерживающие (барьерные, парапетные, стоечные перила) и ограничивающие (направляющие, защитные и предупреждающие).

Дорожные удерживающие ограждения для пешеходов подразделяют на две группы по условиям их расположения: дорожные, устанавливаемые на краю обочины и мостовые, устанавливаемые на краю тротуаров мостовых сооружений. На рисунке 1.10 показан общий вид ограждения пешеходного удерживающего.

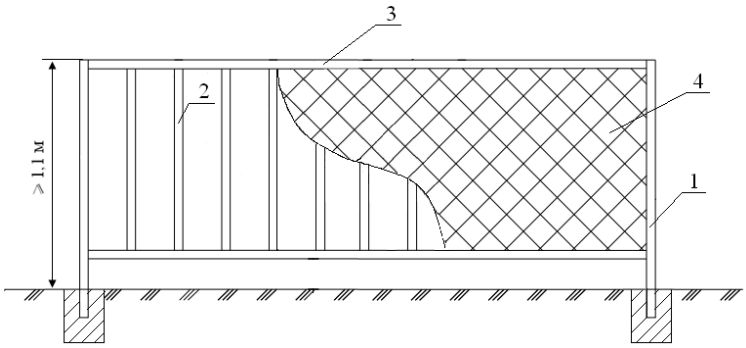


Рисунок 1.10 – Общий вид ограждения пешеходного удерживающего по ОДМ 218.6.017-2015.

На рисунке обозначено: 1 -стойка, 2 - вертикальный элемент заполнения, 3 - поручень, 4 - сетка

Дорожные ограничивающие ограждения для пешеходов подразделяют по условиям их расположения на четыре группы: располагаемые вдоль тротуаров и

боковой разделительной полосы; располагаемые у надземных или подземных переходов; располагаемые на газонах и других площадках, которые необходимо защитить от повреждений пешеходами; и располагаемые у опор путепроводов, опор информационно-указательных знаков, а также у опор линий электропередач с целью исключения попадания человека в опасную зону. Решение об обустройстве различных участков автомобильных дорог ограждениями для животных принимается на основе данных о местах обитания животных и основных их миграционных путях.

Дорожное ограждение для животных выполняется в виде сетки с различной величиной ячеек, закрепленной на стойках или в виде решеток, заборов, как это показано на рисунке 1.11.

Крупноячеистые сетки от крупных животных применяют по всей высоте ограждения автомобильной дороги и дополняют её нижний ряд нешироко лентой мелкоячеистой сетки. Наличие мелкоячеистой сетки предупреждает выход на дорогу мелких животных (ежей, сусликов и др.).

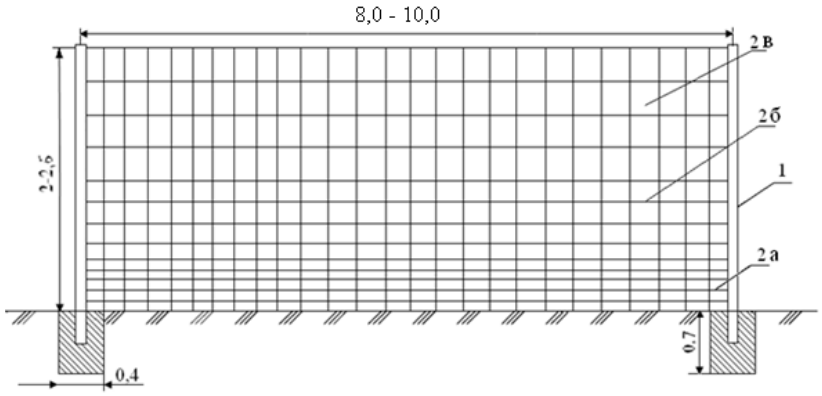


Рисунок 1.11 – Общий вид ограждения для животных по ОДМ 218.6.017-2015.

На рисунке обозначено: 1 - стойка, 2 - сетка: а) размер ячеек 5 мм, б) размер ячеек 10 мм, в) размер ячеек 15-20 мм

Согласно требований СТО АВТОДОР 2.27-2016 «Требования к Ограничивающим пешеходным и защитным ограждениям на автомобильных дорогах государственной компании «Автодор» по принципу

работы ограничивающие ограждения подразделяют на ограничивающие пешеходные ограждения и защитные ограждения.

Ограничивающие пешеходные ограждения по СТО АВТОДОР 2.27-2016 подразделяют по условиям их расположения на четыре группы: 1 - располагаемые вдоль тротуаров и разделительной полосы; 2 - располагаемые у надземных или подземных пешеходных переходов; 3 - располагаемые на газонах и других площадках, которые необходимо защитить от повреждений пешеходами и 4 - располагаемые у опор путепроводов, опор информационно-указательных знаков, а также у опор линий электропередач с целью исключения попадания человека в опасную зону.

Защитные ограждения подразделяют по условиям их расположения на две группы: ограждения, располагаемые по границе полосы отвода вдоль дороги и ограждения, располагаемые перед проходами и в специальных проходах для животных под дорогами (скотопрогонах) или, при расположении дороги в выемке, над дорогой (экодуки).

Дорожные ограничивающие ограждения устраивают вдоль автомобильных дорог с обеих сторон по границе полосы отвода или по границе лесного массива, с учетом требований к ограждениям в населенных пунктах и обустройству специальных проходов на путях миграции животных, за исключением мест пересечения с автомобильными и железными дорогами, а также с водными преградами (реками, каналами и т. п.). Защитные ограждения устанавливают в местах прохода животных через специальные тоннели, путепроводы,скотопрогоны, экодуки и другие искусственные сооружения.

Аналогично подходят к решению проблемы диких животных и в странах Евросоюза, США и других.

На основании проведенного детального анализа был разработан общий перечень нормируемых показателей для этих устройств и методов их испытаний, куда входят: геометрические характеристики элементов конструкции ограждения и методы их контроля; физико-механические свойства элементов конструкции ограждения и методы их контроля; контролируемые показатели

при монтаже ограждений и требования безопасности и охраны окружающей среды. При этом классификация элементов ограничивающих пешеходных и защитных ограждений имеет следующий вид.

Полотно ограждения: по постоянству ячеек (равномерной величины ячейки и не равномерной величины ячейки; по профилю: с гнутым профилем, с постоянным профилем), по величине ячеек (малые, средние, разреженные), по

длине (малое, среднее, длинное), по жесткости (жесткое, гибкое), по материалу и покрытию (металлические, композитные, пластиковые, оцинкованные, окрашенные).

Опоры ограждения: по расположению (основные, анкерные, усиленные, откосные, угловые), по сечению (круглые, квадратные), по материалу и покрытию (металлические, композитные, пластиковые, оцинкованные, окрашенные).

Фундаменты опор: по исполнению (бетонные, железобетонные, винтовые).

Элементы крепления: по исполнению (универсальные, специальные).

4.1.4. Правила дорожного движения

Правила дорожного движения устанавливают единый порядок дорожного движения на всей территории Российской Федерации. Другие нормативные акты, касающиеся дорожного движения, должны основываться на требованиях Правил и не противоречить им. Правила содержат требования к общим обязанностям водителей, применение специальных сигналов, обязанности пешеходов, информацию о сигналах светофора и регулировщика, обязанности пассажиров, применение аварийной сигнализации и знака аварийной остановки, а также требования к процессам движения.

4.1.5. Медицинское освидетельствование водителей транспортных средств

Обязательное медицинское освидетельствование водителей транспортных средств проводится в целях определения наличия или отсутствия у водителей транспортных медицинских противопоказаний, медицинских показаний и медицинских ограничений к управлению транспортным средством в соответствии с перечнями медицинских противопоказаний, медицинских показаний и медицинских ограничений к управлению транспортным средством, листами, инструментальное и лабораторные исследования в следующем объеме:

1) осмотр врачом-терапевтом или осмотр врачом общей практики (семейным врачом);

2) осмотр врачом-офтальмологом;

3) обследование врачом-психиатром;

4) обследование врачом-психиатром-наркологом;

5) осмотр врачом-неврологом;

6) осмотр врачом-оториноларингологом;

7) электроэнцефалография.

8) определение наличия психоактивных веществ в моче <5> и лабораторные исследования крови и (или) мочи на определение хронического употребления алкоголя в целях диагностики психических расстройств и расстройств поведения, связанных с употреблением алкоголя (обязательны при выявлении врачом-психиатром-наркологом симптомов и

синдромов заболевания (состояния), являющегося медицинским противопоказанием к управлению транспортным средством.

4.1.6. Особенностей режима рабочего времени и времени отдыха, условий труда водителей автомобилей

Время труда и отдыха водителей автотранспортных средств регламентируется с целью избежать их переутомление.

Для этой цели разрабатываются соответствующие документы, а также в автомобилях устанавливаются специальные приборы – тахографы, фиксирующие время движения и стоянок автотранспортных средств.

Ниже в качестве примера приведено содержание приложения к Приказу Минтранса Россииот 16 октября 2020 г. N 424 «Особенности режима рабочего времени и времени отдыха, условий труда водителей автомобилей».

1. Настоящий документ устанавливает особенности режима рабочего времени и времени отдыха, условий труда водителей автомобилей, управление которыми входит в их трудовые обязанности, и водителей автомобилей, являющихся индивидуальными предпринимателями и осуществляющих управление автомобилем самостоятельно (далее - водители), за исключением водителей, осуществляющих перевозки на служебных легковых автомобилях при обслуживании органов государственной власти и органов местного самоуправления, водителей, занятых на международных перевозках, водителей, осуществляющих перевозки в пределах границ территории предприятия, не выезжающих на дороги общего пользования, водителей легковых автомобилей ведомственной охраны, водителей пожарных и аварийно-спасательных автомобилей включая автомобили, предназначенные для оказания медицинской помощи гражданам, в том числе автомобилей, задействованных в ликвидации последствий либо предупреждении чрезвычайных ситуаций, водителей автомобилей органов, осуществляющих оперативно-разыскную деятельность,

водителей автомобилей органа, осуществляющего специальные функции в сфере обеспечения федеральной фельдъегерской связи, водителей-военнослужащих при исполнении ими обязанностей военной службы.

2. Настоящие Особенности обязательны для исполнения юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, зарегистрированными на территории Российской Федерации, являющимися работодателями (далее - работодатели) и на основании пункта 1 статьи 20 Федерального закона от 10 декабря 1995 г. N 196-ФЗ "О безопасности дорожного движения" (Собрание законодательства Российской Федерации, 1995, N 50, ст. 4873; 2018, N 45, ст. 6841) обязательны для соблюдения индивидуальными предпринимателями, не являющимися работодателями.

3. В случаях, предусмотренных настоящими Особенностями, при принятии локальных нормативных актов работодателя, содержащих нормы трудового права (далее - локальный нормативный акт работодателя), утверждении графиков сменности, учитывается мнение представительного органа работников (при наличии такого представительного органа), а в случаях, предусмотренных коллективным договором и (или) соглашениями, принятие локального нормативного акта работодателя осуществляется по согласованию с представительным органом работников.

4. В случае введения работодателем сменной работы в соответствии со статьей 103 Трудового кодекса Российской Федерации (Собрание законодательства Российской Федерации, 2002, N 1, ст. 3; 2006, N 27, ст. 2878), графики сменности составляются с учетом настоящих Особенностей.

5. Нормальная продолжительность рабочего времени водителя не может превышать 40 часов в неделю.

В случаях, когда по условиям работы не может быть соблюдена установленная ежедневная или еженедельная продолжительность рабочего времени, водителям устанавливается суммированный учет рабочего времени с продолжительностью учетного периода один месяц.

Продолжительность учетного периода может быть увеличена работодателем до трех месяцев по согласованию с выборным органом первичной профсоюзной организации, а при ее отсутствии - с иным представительным органом работников.

Суммированный учет рабочего времени вводится работодателем с учетом мнения представительного органа работников.

Продолжительность рабочего времени водителя автомобиля, являющегося индивидуальным предпринимателем и осуществляющего управление автомобилем самостоятельно, не должна превышать нормального числа рабочих часов за учетный период один месяц.

Каковы особенности режима труда и отдыха водителей при суммированном учете.

6. При суммированном учете рабочего времени продолжительность ежедневной работы (смены) водителей не может превышать 10 часов. Увеличение этого времени, но не более чем на 2 часа, допускается при условии соблюдения требований, предусмотренных пунктами 10 - 12 настоящих Особенностей, в целях завершения перевозки и (или) следования к месту стоянки.

Водителям, осуществляющим перевозки для учреждений здравоохранения, организаций коммунальных служб, телеграфной, телефонной и почтовой связи, вещателей общероссийских обязательных общедоступных телеканалов и радиоканалов, оператора связи, осуществляющего эфирную цифровую наземную трансляцию общероссийских обязательных общедоступных телеканалов и радиоканалов, аварийных служб, перевозки на служебных легковых автомобилях при обслуживании руководителей организаций, перевозки на инкассаторских автомобилях, перевозки на легковых такси, а также водителям, работающим вахтовым методом, продолжительность ежедневной работы (смены) может быть увеличена до 12 часов.

Водителям, работающим на маршрутах регулярных перевозок пассажиров и багажа в городском и пригородном сообщении, продолжительность

ежедневной работы (смены) может быть увеличена работодателем до 12 часов по согласованию с представительным органом работников.

7. С согласия водителей рабочий день (смена) может быть разделен работодателем на части. Разделение рабочего дня (смены) производится на основании локального нормативного акта работодателя, принятого с учетом мнения выборного органа первичной профсоюзной организации.

Перерыв между частями рабочего дня (смены) устанавливается не позже, чем через пять часов после начала работы.

При разделении рабочего дня (смены) на части суммарное время перерывов между частями рабочего дня (смены) не может превышать:

для водителей, осуществляющих регулярные перевозки пассажиров и багажа в городском и пригородном сообщении - 3 часа;

для остальных водителей - 5 часов.

Перерыв между частями рабочего дня (смены) предоставляется в местах, обеспечивающих возможность использования водителем времени отдыха по своему усмотрению.

Время перерыва между частями рабочего дня (смены) в рабочее время не включается.

Разделение рабочего дня (смены) водителя автомобиля, являющегося индивидуальным предпринимателем и осуществляющего управление автомобилем самостоятельно, допускается по решению такого водителя.

8. В порядке, предусмотренном статьей 101 Трудового кодекса Российской Федерации (Собрание законодательства Российской Федерации, 2002, N 1, ст. 3; 2017, N 25, ст. 3594), для водителей легковых автомобилей (кроме легковых такси), а также для водителей автомобилей, занятых на геологоразведочных, топографо-геодезических и изыскательских работах в полевых условиях, может устанавливаться ненормированный рабочий день.

Решение об установлении ненормированного рабочего дня принимается работодателем с учетом мнения представительного органа работников.

Количество и продолжительность рабочих смен при ненормированном рабочем дне устанавливаются исходя из нормальной продолжительности рабочей недели, а дни еженедельного непрерывного отдыха (далее - еженедельный отдых) предоставляются на общих основаниях.

9. Рабочее время водителя включает:

время управления автомобилем;

время специальных перерывов для отдыха от управления автомобилем (далее - специальный перерыв);

время работы, не связанной с управлением автомобилем.

10. Время управления автомобилем в течение каждого периода времени, не превышающего 24 часов, ограниченного началом рабочего времени водителя и временем применения ежедневного отдыха продолжительностью, установленной пунктом 18 настоящих Особенностей (далее - ежедневный период), не должно превышать 9 часов. Допускается увеличение этого времени до 10 часов, но не более двух раз в течение календарной недели.

11. При достижении времени управления автомобилем, предусмотренного пунктом 10 настоящих Особенностей, водитель вправе увеличить это время, но не более чем на 2 часа, в целях завершения перевозки и (или) следования к месту стоянки.

Работодателю запрещается устанавливать для водителей время управления, с учетом отступлений, изложенных в настоящем пункте настоящих Особенностей.

12. Время управления автомобилем в течение одной календарной недели не должно превышать 56 часов, в течение любых двух последовательных календарных недель - 90 часов.

13. Не позднее 4 часов 30 минут времени управления автомобилем, после окончания времени отдыха или специального перерыва, за исключением случаев, предусмотренных пунктом 14 настоящих Особенностей, водитель обязан сделать специальный перерыв продолжительностью не менее 45 минут, если не наступает время отдыха или перерыва (пункт 16 настоящих

Особенностей), продолжительность которых превышает продолжительность специального перерыва.

Специальный перерыв может быть разделен на несколько частей, первая из которых должна составлять не менее 15 минут, а последняя - не менее 30 минут, а при осуществлении регулярных перевозок пассажиров и багажа в городском и пригородном сообщении каждая из частей должна составлять не менее 10 минут.

14. Превышение времени управления автомобилем, указанного в пункте 13 настоящих Особенностей, допускается, но не более чем на 1 час, в целях следования автомобиля к месту ближайшей стоянки для отдыха или к конечному месту назначения.

15. Рабочее время водителя, не связанное с управлением автомобилем, включает в себя:

а) подготовительно-заключительное время для выполнения работ перед выездом на линию и после возвращения с линии, а при междугородных перевозках - для выполнения работ в пункте оборота или в пути (в месте стоянки) перед началом и после окончания смены;

б) время проведения предсменных, предрейсовых и послесменных, послерейсовых медицинских осмотров водителя, а также время следования от рабочего места до места проведения медицинского осмотра и обратно;

в) время стоянки в ожидании погрузочно-разгрузочных работ, в ожидании посадки и высадки пассажиров, при оказании технической помощи;

г) время простоев не по вине водителя;

д) время проведения работ по устранению возникших неисправностей автомобиля, выполняемых водителем самостоятельно;

е) иное время, предусмотренное законодательством Российской Федерации, трудовым договором, заключенным с водителем, и (или) коллективным договором или локальным нормативным актом работодателя, принятым с учетом мнения представительного органа работников.

Состав и продолжительность времени, указанного в подпунктах "а" и "б" настоящего пункта, устанавливается работодателем с учетом мнения представительного органа работников.

16. Время отдыха и перерывов (за исключением специальных перерывов) водителей включает:

перерыв для отдыха и питания, предоставляемые в течение рабочего дня (смены);

ежедневный (междусменный) непрерывный отдых (далее - ежедневный отдых);

еженедельный отдых.

Время отдыха и перерывов водителей также может включать время перерыва между частями рабочего дня (смены), требования к которому установлены в соответствии с пунктом 7 настоящих Особенностей.

17. Время перерыва для отдыха и питания должно быть продолжительностью не менее 30 минут и не более двух часов, и предоставляться водителям, как правило, в середине рабочего дня (смены).

При установленной графиком сменности продолжительности ежедневной работы (смены) более 8 часов водителю могут предоставляться два перерыва для отдыха и питания общей продолжительностью не более 2 часов и не менее 30 минут.

Время предоставления перерыва для отдыха и питания и его продолжительность (общая продолжительность перерывов) устанавливаются в соответствии с правилами внутреннего трудового распорядка.

Время осуществления перерыва для отдыха и питания и его продолжительность (общая продолжительность перерывов) определяется водителем автомобиля, являющимся индивидуальным предпринимателем и осуществляющим управление автомобилем самостоятельно, в пределах значений, установленных настоящим пунктом.

18. Продолжительность ежедневного отдыха вместе со временем перерыва для отдыха и питания в течение ежедневного периода должна быть не менее

двойной продолжительности времени работы в предшествующий отдыху рабочий день (смену).

При суммированном учете рабочего времени продолжительность ежедневного отдыха должна быть не менее 11 часов, которые должны быть использованы до завершения ежедневного периода.

Допускается:

сокращение этого времени до не менее 9 часов, но не более трех раз в течение периода между завершением одного еженедельного отдыха и началом следующего;

разделение ежедневного отдыха на две и более части, первая из которых имеет продолжительность не менее 3 часов, а последняя не менее 9 часов.

Водители, работающие в составе группы водителей (далее - экипаж), обязаны одновременно и полностью использовать ежедневный отдых не менее 9 часов до завершения ежедневного периода, который для экипажа допускается увеличить до 30 часов.

Время, в течение которого водитель находится во время движения автомобиля в составе экипажа и не управляет автомобилем, в рабочее время не включается.

За указанное время выплачивается дополнительное вознаграждение, размер которого определяется коллективным договором или локальным нормативным актом работодателя, принятым с учетом мнения представительного органа работников.

Любой ежедневный отдых может быть замещен еженедельным отдыхом.

Допускается прерывать ежедневный отдых не более двух раз в целях осуществления заезда (выезда) на паром или железнодорожный подвижной состав. При этом общая продолжительность такого перерыва (перерывов) не должна превышать одного часа, время ежедневного отдыха должно суммарно составлять не менее 11 часов.

19. Еженедельный отдых должен составлять не менее 45 часов. Этот отдых должен начинаться не позднее шестого ежедневного периода, наступающего с момента завершения предыдущего еженедельного отдыха.

Допускается сокращение еженедельного отдыха до значения не менее 24 часов, не более одного раза в течение любых двух последовательных календарных недель. Разница времени, на которое сокращен еженедельный отдых, в полном объеме должна быть использована водителем на отдых от управления автомобилем в течение трех подряд календарных недель после окончания календарной недели, в которой еженедельный отдых был сокращен.

Этот период отдыха должен быть присоединен к ежедневному отдыху, продолжительностью не менее 9 часов, или очередному еженедельному отдыху.

В случае работы экипажа допускается сокращение еженедельного отдыха до значения не менее 24 часов в каждую календарную неделю при соблюдении условий компенсации отдыха, предусмотренных настоящим пунктом.

Водителям, работающим вахтовым методом в районах Крайнего Севера и (или) в приравненных к ним местностях и осуществляющим эксплуатацию автомобиля вне границ населенных пунктов, допускается сокращение еженедельного отдыха до значения не менее 24 часов в каждую календарную неделю при условии компенсации этого сокращения между вахтами в течение учетного периода.

Как видно из этого документа, он учитывает чисто формальные признаки, без учета особенностей параметров автомобилей, дорожных условий и многих других условий дорожного движения.

4.1.7. Статистические исследования дорожно-транспортных происшествий и нарушений правил дорожного движения

Всесторонние статистические исследования дорожно-транспортных происшествий в России проводятся Научным центром безопасности дорожного движения министерства внутренних дел России. Ниже на рисунках 1.12, 1.13 и

1.14 в качестве примера приводятся материалы некоторых результатов этих исследований за первые 6 месяцев 2025 года. Количество дорожно-транспортных происшествий, в которых погибли и (или) ранены люди – 55 964, число погибших – 5 802), раненых – 69 733).

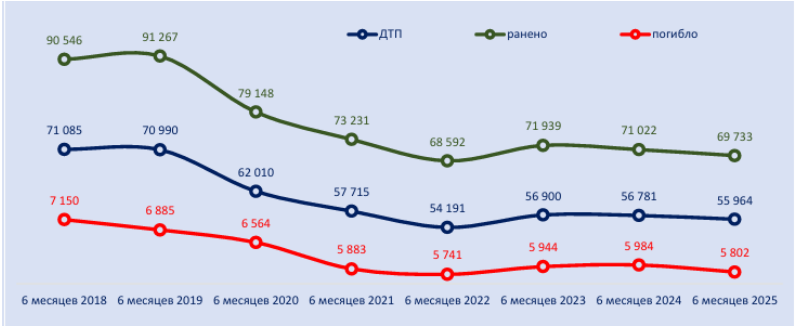


Рисунок 1.12 – Динамика основных показателей аварийности

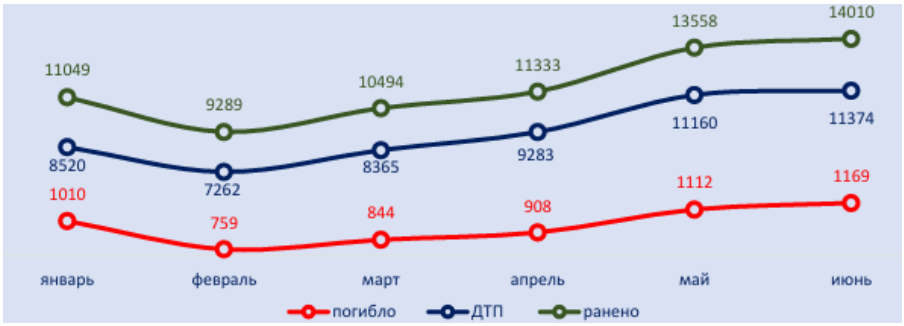


Рисунок 1.13 – Динамика показателей аварийности по месяцам

Результаты анализа дорожно-транспортных происшествий по времени суток приведен на рисунке 1.14.

Как видно из рисунка 1.14, наибольшее количество ДТП (27,1%, или 15 132) зафиксировано в период с 16:00 до 20:00. Однако наибольшее число погибших (29,2%, или 1 694) приходится на период с 17:00 до 22:00. Наибольшей тяжестью последствий характеризовались происшествия, совершенные в период с 23:00 до 07:00 (в среднем 13 погибших на 100 пострадавших), происшествия с наименьшей тяжестью последствий произошли в периоды с 13:00 до 17:00 (в среднем 6 погибших на 100 пострадавших).

	ДТП, кол-во	Удельный вес	Погибло, человек	Удельный вес	Ранено, человек	Удельный вес	Тяжесть последствий
с 00:00 до 01:00	1174	2,1	204	3,5	1485	2,1	12,1
с 01:00 до 02:00	836	1,5	165	2,8	1124	1,6	12,8
с 02:00 до 03:00	683	1,2	167	2,9	914	1,3	15,4
с 03:00 до 04:00	594	1,1	115	2	745	1,1	13,4
с 04:00 до 05:00	538	1	124	2,1	693	1	15,2
с 05:00 до 06:00	581	1	116	2	770	1,1	13,1
с 06:00 до 07:00	1049	1,9	150	2,6	1341	1,9	10,1
с 07:00 до 08:00	2434	4,3	235	4,1	3117	4,5	7
с 08:00 до 09:00	2742	4,9	235	4,1	3382	4,8	6,5
с 09:00 до 10:00	2408	4,3	237	4,1	2948	4,2	7,4
с 10:00 до 11:00	2479	4,4	209	3,6	3123	4,5	6,3
с 11:00 до 12:00	2848	5,1	247	4,3	3593	5,2	6,4
с 12:00 до 13:00	3213	5,7	260	4,5	3906	5,6	6,2
с 13:00 до 14:00	3260	5,8	257	4,4	4028	5,8	6
с 14:00 до 15:00	3361	6	302	5,2	4321	6,2	6,5
с 15:00 до 16:00	3331	6	264	4,6	4115	5,9	6
с 16:00 до 17:00	3637	6,5	289	5	4500	6,5	6
с 17:00 до 18:00	4006	7,2	327	5,6	4933	7,1	6,2
с 18:00 до 19:00	4011	7,2	344	5,9	4867	7	6,6
с 19:00 до 20:00	3478	6,2	346	6	4323	6,2	7,4
с 20:00 до 21:00	3189	5,7	331	5,7	3908	5,6	7,8
с 21:00 до 22:00	2533	4,5	346	6	3107	4,5	10
с 22:00 до 23:00	2053	3,7	274	4,7	2587	3,7	9,6
с 23:00 до 24:00	1526	2,7	258	4,4	1903	2,7	11,9

Рисунок 1.14 - Результаты анализа дорожно-транспортных происшествий по времени суток

Распределение показателей аварийности по дням недели представлено на рисунке 1.15.

Рисунок 1.15 – Распределение показателей аварийности по дням недели

Как видно из рисунка 3, за анализируемый период наибольшее количество ДТП зарегистрировано в пятницу (8 594, или 15,4%) и субботу (8 190, или 14,6%), а наибольшее число погибших – в субботу (956, или 16,5%) и воскресенье (931, или 16%). Воскресенье характеризовалось наибольшим значением тяжести последствий ДТП.

На рисунке 1.16 представлено распределение ДТП и погибших в них по видам происшествий.

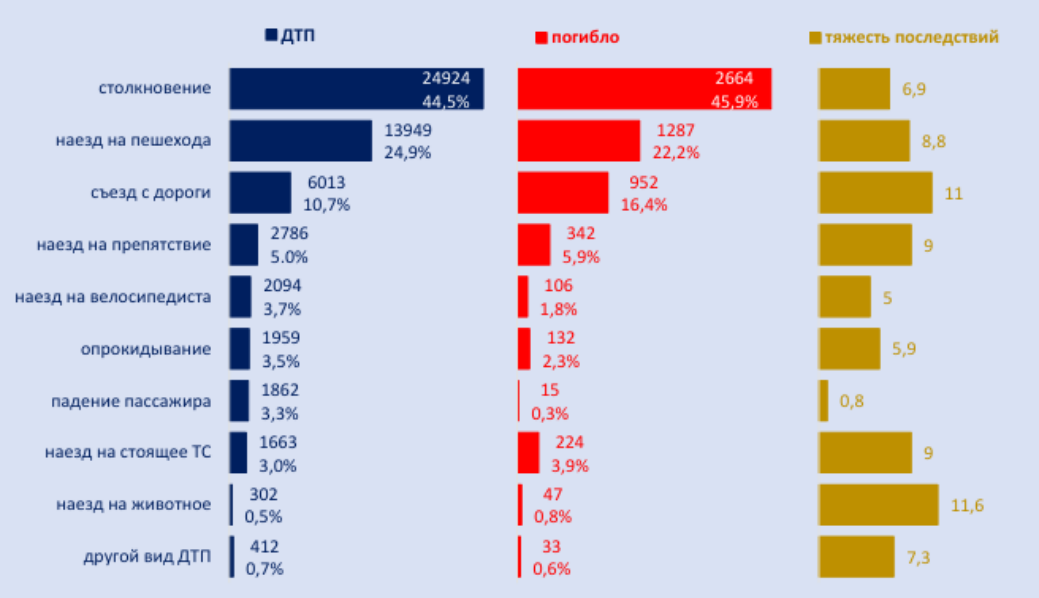


Рисунок 1.16 – Распределение ДТП и погибших в них по видам происшествий

Как видно из рисунка 1.16, наиболее массовыми видами ДТП являлись столкновения транспортных средств1 (44,5%), наезды на пешеходов (24,9%) и съезды с дороги (10,7%). На них же приходится наибольшее число погибших: столкновение ТС – 45,9%, наезд на пешехода – 22,2% и съезд с дороги – 16,4% (рис. 1.4). Наибольшей тяжестью последствий характеризовались наезд на животных (11,6), съезд с дороги (11), наезд на стоящее транспортное средство (9) и наезд на препятствие (9). Относительно аналогичного периода прошлого года увеличилось количество опрокидываний ТС (+2,7%), наездов на велосипедистов (+4,3%), падений пассажиров (+14,2%), съездов с дорог (+13%). Число погибших увеличилось в таких видах ДТП, как наезд на пешехода (+4,9%), наезд на препятствие (+5,2%), наезд на велосипедиста (+8,2%), падение пассажира (+150%), наезд на животное (38,2%), съезд с дороги (+11,2%).

На рисунке 1.17 представлена информация о количество ДТП из-за основных видов нарушений ПДД водителями ТС, число погибших в них и тяжесть последствий ДТП.

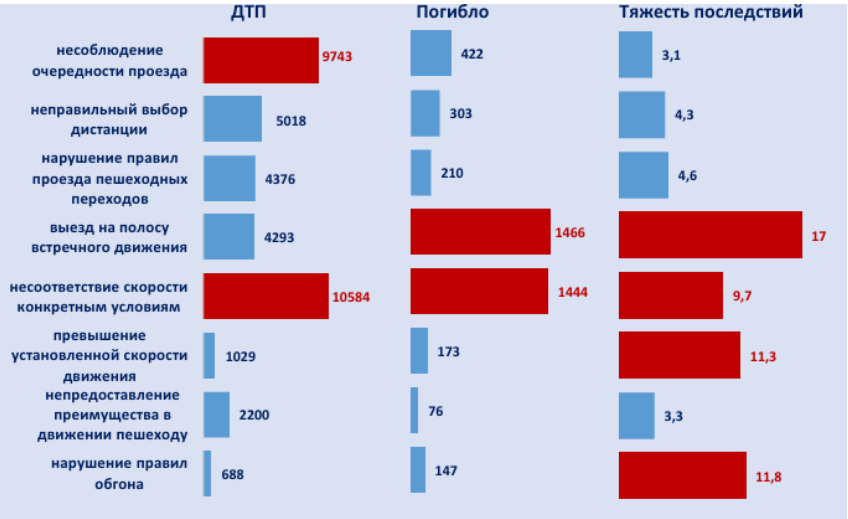


Рисунок 1.17 – Количество ДТП из-за основных видов нарушений ПДД водителями ТС, число погибших в них и тяжесть последствий ДТП

Основными видами нарушений ПДД, ставших причинами ДТП, допущенных водителями ТС за 6 месяцев текущего года, являлись несоответствие скорости конкретным условиям движения (10 584, или 21,3%) и несоблюдение очередности проезда (9 743 ДТП, или 19,6%). Наибольшее число погибших зафиксировано вследствие выезда на полосу встречного движения (1 466 погибших, или 29,2%), несоответствия скорости конкретным условиям движения (1 444, или 28,8%). Высокой тяжестью последствий характеризовались ДТП, которые произошли вследствие выезда на полосу встречного движения (17), нарушений правил обгона (11,8), превышения установленной скорости движения (11,3), несоответствия скорости конкретным условиям движения (9,7)

Как видно из приведенных данных, статистические исследования проводятся исключительно в связи с ДТП. В то же время необходимо отметить, что все ДТП происходят из-за нарушений ПДД. ГИБДД в 2026 году возбудила более 232 млн дел о нарушениях правил дорожного движения, что свидетельствует о недостаточном соответствии ПДД и технических параметров автотранспорта физиологическим и психологическим параметрам водителей. Отсюда следует, что используемые технические средства организации

дорожного движения, правила дорожного движения, автомобильные дороги и транспортные средства не обеспечивают необходимый уровень безопасности.

4.2. Анализ причин тяжелых и массовых аварий

4.2.1. Авария на Саяно-Шушенской ГЭС

Объективный анализ причин и последствий аварии на Саяно-Шушенской ГЭС, происшедшей 17 августа 2009 года был проведен парламентской комиссией и ОАО «РусГидро» - «Саяно-Шушенская ГЭС имени П.С. Непорожнего». Выдержки из итогового доклада комиссии, содержащие подробную информацию, приведены ниже.

4.2.1.1. Обстоятельства, причины возникновения и развития чрезвычайной ситуации техногенного характера

При выявлении обстоятельств и причин аварии на Саяно-Шушенской ГЭС были отдельно проанализированы причины разрушения второго гидроагрегата станции, непосредственно процесс разрушения гидроагрегата и причины, повлекшей многочисленные разрушения и человеческие жертвы. На рисунках 1.18, 1.19 и 1.20 приведены иллюстрации ГЭС.

а)

б)

Рисунок 1.18 – Саяно-Шушенская ГЭС. а) Вид сверху, б) Разрез плотины

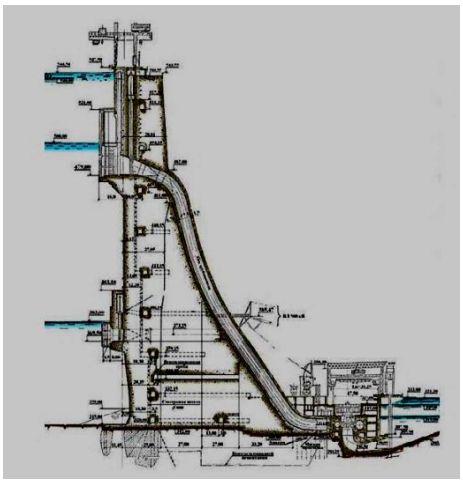


Рисунок 1.19 – Саяно-Шушенская ГЭС. Разрез плотины и машинного зала

Рисунок 1.20 – Саяно-Шушенская ГЭС. Машинный зал после аварии

4.2.1.2. Хронология аварии и режим энергоснабжения в зоне действия аварии

Время возникновения аварийной ситуации — 4 ч. 13 мин. *(время московское)*.

Режим работы станции на момент возникновения аварийной ситуации:

В работе находились 9 агрегатов станции. Гидроагрегат № 6 находился в резерве.

Суммарная активная мощность работающих агрегатов — 4400 МВт, уровень верхнего бьефа — 537,11 м.

В 4 ч. 13 мин персонал, находившийся в машином зале, услышал громкий хлопок в районе гидроагрегата № 2 и увидел выброс столба воды.

На Центральном пульте управления сработала светозвуковая сигнализация, пропали оперативная связь, питание освещения, автоматики, сигнализации, защит и приборов.

Через окно ЦПУ обнаружилось, что по автодороге, идущей от здания из машзала идет поток воды высотой около метра, а несколько пролётов здания машзала разрушено.

Произошел сброс нагрузки до 0 МВт с полной потерей собственных нужд СШГЭС и затоплением здания машинного зала.

В 5 ч. 20 мин. с гребня плотины вручную были закрыты технологические затворы на все гидроагрегаты и прекращен доступ воды в машзал с верхнего бьефа. Машзал находится в затопленном состоянии с нижнего бьефа плотины. Осушение машзала задерживается из-за невозможности закрытия затворов за турбинами по причине разрушения строительных конструкций.

В 7 ч. 32 мин. было подано напряжение от постороннего источника на козловой кран гребня плотины и в 7 ч. 50 мин. начато открытие затворов водосливной плотины.

Баланс притока и сброса воды был восстановлен в 9 ч. 07 мин. Отметка верхнего бьефа на этот момент составляла 537,16 м. В период восстановления баланса санитарные попуски в реке осуществлялся Майнской ГЭС.

В результате предварительного внешнего осмотра обнаружено, что гидроагрегаты № 2, 7, 9 разрушены, серьезные повреждения получили 1, 3 турбогенераторы.

В 4 ч. 13 мин. отключились все отходящие ВЛ 500 кВ от Саяно-Шушенской ГЭС, а также ВЛ 500 кВ «Алюминиевая», с погашением подстанции «Означенное» и алюминиевых заводов: Саянского алюминиевого завода — 1040 МВт, Хакасского алюминиевого завода — 480 МВт.

В результате повреждения на электростанции её нагрузка снизилась с 4170 МВт до нуля, с потерей собственных нужд и диспетчерской связи. Частота в ЭС

снизилась до 49,89 Гц без нарушения требований действующих нормативных документов. Действием противоаварийной автоматики были отключены потребители в Кузбасской энергосистеме — 540 МВт, в Красноярской энергосистеме — 440 МВт. В 4 ч. 20 мин., через 7 минут, потребовавшихся для проведения экспресс-анализа, диспетчер ОДУ Сибири дал команду на загрузку Красноярской ГЭС, Братской ГЭС, а также тепловых электростанций ОДУ «Сибири» до максимально возможной мощности.

Для увеличения передаваемой мощности из европейской части ЕС, начиная с 4 ч. 31 мин. диспетчером ЦДУ, то есть через 11 минут, отданы команды диспетчеру диспетчерского центра Казахстана на включение ВЛ 500 кВ Экибастуз, ЦГПП, Целиноград. Также были отданы команды на загрузку элекстростанций в ЕС Казахстана на 300 МВт. Линия Экибастуз, ЦГПП находилась в плановом ремонте.

Для восстановления баланса мощности ЭС Сибири и максимального использования мощности Иркутских ГЭС, начиная с в 4 ч. 31 мин., диспетчер ОДУ Сибири принял решение и дал соответствующую команду на включение в работу ВЛ 500 кВ, которая находилась в плановом ремонте и разворот из холодного резерва генерирующего оборудование тепловых электростанций на величину 4729 МВт.

Были отданы команды следующим электростанциям на подъём мощности: Берёзовская ГРЭС, Беловская ГРЭС, Новосибирская ТЭЦ-5, Томусинская ГРЭС, Красноярская ГРЭС-2, Назаровская ГРЭС, Новосибирская ТЭЦ-3, Омская ТЭЦ-3, Омская ТЭЦ-4, Омская ТЭЦ-5, Новокемеровская ТЭЦ, Кемеровская ГРЭС, ТЭЦ Сибирского химкомбината, Томская ГРЭС, Красноярская ТЭЦ-1, Красноярская ТЭЦ-2, Минусинская ТЭЦ, Бийская ТЭЦ, Абаканская ТЭЦ. Оборудование находилось в холодном резерве, суммарная мощность принятых решений по подъёму мощности — 4729 МВт. В 7 ч. 04 мин. было принято решение о восстановлении возможности подачи напряжения на алюминиевые заводы; диспетчер ОДУ Сибири дал команду на ввод графиков временного ограничения потребителей Сибири суммарным объёмом — 809 МВт, что

позволило к 11 ч. 00 мин. полностью восстановить нагрузку Хакасского алюминиевого завода, а к 16 ч. 30 мин дать возможность принять в полном объеме нагрузку Саянскому алюминиевому заводу.

Нарушения технологии не было. В 16 ч. 11 мин. включена линия 500 кВ. В 16 ч. 30 мин. включена линия 500 кВ Экибастуз, ЦГПП Казахстан.

Включение генерирующего оборудования из холодного резерва происходило по следующему графику: в 16ч. 30 мин. — 1400 МВт, в 19 ч. 00 мин.- 1900 МВт, в 23 ч. 00 мин. — 3000 МВт. На 7 ч. 00 мин. следующего дня — 3822 МВт. Резерв был восстановлен.

Период с момента аварии на Саяно-Шушенской ГЭС до момента выполнения соответствующих мероприятий в ЭС Сибири характеризуется наличием проблемных ситуаций, связанных с трудностями режимного и электротехнического характера.

Радикально изменился баланс активной мощности в ЭС Сибири, что вызвало значительное увеличение выработки тепловых электрических станций в Сибири и в южной части Урала, а также изменение режимов работы ГЭС в восточной части ЭС Сибири.

4.2.1.3. Причины разрушения второго гидроагрегата СШ ГЭС

Особенности конструкции гидротурбин РО230/833-В-677

- Срок эксплуатации гидротурбин — 30 лет (формуляр 2244 000 ФО Ленинградского металлического завода).
- Срок эксплуатации гидрогенератора — 40 лет (ГОСТ 5616 — 89).

Работа турбины сопровождается сильными гидравлическими ударами в проточной части и значительными шумами.

Участие в регулировании мощности и частоты

17.08.2009 г. напор станции составлял 212 метров. По эксплуатационной характеристике диапазон регулирования в зоне 1 был от 0 до 265 МВт, а в зоне 3

от 570 до 640 МВт. Зона 2, где эксплуатация не рекомендуется, имела границы от 265 МВт до 570 МВт и составляла 305 МВт.

Таким образом, регулировочный диапазон агрегатов, находящихся в 3 зоне, при напоре 212 метров был значительно меньше регулировочного диапазона в 1 зоне.

Организация контроля и оценки технического состояния оборудования

Организация контроля и оценки технического состояния оборудования осуществляется согласно СТО 17330282.27.140.001-2006 «Методики оценки технического состояния основного оборудования гидроэлектростанций»; утверждена и введена в действие Приказом РАО ЕЭС России от 13.05.2006 г. № 490. В 2008 году в ОАО «РусГидро» издан приказ "О присоединении к стандартам ОАО РАО «ЕЭС России» № 752/1п-213 от 24.11.2008 г.

Согласно «Методике оценки технического состояния основного оборудования гидроэлектростанций» в разделе 8.5 «Крышка гидротурбины» п.8.5.3 сказано: «При постоянном контроле состояния крышки гидротурбины во время работы гидроагрегата фиксируют визуально и измеряют при помощи штатных и переносных измерительных средств состояние крепежа, закладных и крепежных элементов».

По результатам комплексных исследований элементов крепления крышки турбины, проведенных ОАО НПО «ЦНИИТМАШ», обнаружены многочисленные дефекты в виде усталостных трещин на поверхности резьбовых канавок шпилек. Обнаруженные трещиноподобные дефекты характеризуются как недопустимые, поскольку являются очагами развития разрушения шпилек, снижают прочность и несущую способность этих деталей, а также, конструкции разъемного соединения в целом.

Вместе с тем, Инструкция по эксплуатации гидрооборудования СШГЭС («Инструкция по эксплуатации гидроагрегатов Саяно — Шушенской ГЭС», утверждена главным инженером филиала ОАО «РусГидро» — «Саяно —

Шушенская ГЭС имени П. С. Непорожнего» 18.05.2009 г.) предусматривает постоянный контроль технического состояния оборудования оперативно-ремонтным персоналом. Данный контроль, по мнению Комиссии, не был организован должным образом.

В соответствии с Инструкцией по эксплуатации гидроагрегатов Саяно-Шушенской ГЭС, требования по контролю вибрации регламентированы п. 2.3.5., согласно которому гидроагрегат должен быть разгружен или остановлен в срок, определяемый главным инженером гидроэлектростанции при внезапном увеличении вибрации крышки турбины и верхней крестовины агрегата более 0,16 мм, боя вала более 0,5 мм, вала надставки более 0,55 мм.

По результатам вибрационных испытаний гидроагрегата № 2 от 12-16.03.2009 г., следует, что агрегат эксплуатировался длительное время при размахе горизонтальной вибрации близкой к предельной, согласно п.3.3.12 ПТЭЭС и СРФ.

По данным анализа архивов АСУ ТП, проведенного в период с 21.04.2009 г. до 17.08.2009 г., наблюдался относительный рост вибрации турбинного подшипника ГА-2 примерно в 4 раза, что отражено графически.

За последние 13 мин. работы второго гидроагрегата амплитуда вибрации подшипника крышки турбины ГА-2 с 08 ч. 00 мин. до 08 ч. 13 мин.(местн.вр.) увеличилась на 240 мкм (с 600 до 840 мкм при максимальном значении до 160 мкм, соответствующему в целом параметрам вибрации остальных гидроагрегатов СМГЭС) на фоне снижения мощности с 600МВт до 475МВт [1]

В этой ситуации с целью обеспечения безопасной эксплуатации главный инженер СШГЭС (находившийся на станции с 06.35 (местн. вр.) 17.08.2009 г.) должен был принять решение об остановке ГА-2 и исследовании причин вибрации. Вместо этого ГА-2 оставался приоритетным в ГРАРМ при регулировании мощности.

Согласно графикам изменения плановой и внеплановой мощности плановая мощность станции в день до аварии изменялась 12 раз. В день аварии она уменьшалась в период с 00 ч.00 мин. до 2 ч. 30 мин. (с 4415 МВт до 2800

МВт), а с 4 ч. 12 мин. до 7 ч. 05 мин. *(местн. вр.)* преимущественно увеличивалась (до 4100 МВт). Такое изменение плановой мощности привело к последовательному переходу ГА-2 шесть раз через зону нерекомендованной работы, с момента включения в работу (23 ч. 14 мин. (местн. вр.) 16.08.09г.).

В общей сложности с момента выхода из ремонта гидроагрегат № 2 находился в указанной зоне 210 раз, отработав 2520 секунд.

Состояние шпилек крепления крышки турбины гидроагрегата № 2

В отличие от объективно существовавших причин разрушения гидроагрегата, среди которых наложение конструктивных особенностей ГА-2 (наличие широкого диапазона нерекомендованных значений мощности), существовавших с начала эксплуатации гидроагрегата, высоких значений вибрации подшипника крышки турбины агрегата, возросшей в четыре раза за последние четыре месяца работы агрегата и значительно превышавших аналогичный параметр остальных гидроагрегатов станции, конкретный сценарий разрушения гидроагрегата через разрушение именно шпилек крепления и подъема крышки турбины гидроагрегата носил вероятностный характер. При таких значениях вибрации и колебаниях давления под крышкой турбины могли разрушиться и другие узлы и детали ГА-2. Значительному объему разрушений способствовало такое конструктивное размещение регулирующего и отключающего органа гидроагрегата — направляющего аппарата непосредственно в крышке турбины, что привело к его выходу из строя при разрушении шпилек.

Авария на гидроагрегате № 2 (разрушение конкретного технического устройства) произошла в момент срыва крышки турбины вследствие излома шпилек крепления крышки. В результате визуального осмотра 49 шпилек крепления крышки турбины гидроагрегата № 2 в изломах шпилек выделены две зоны: зона усталостного излома и зона долома (письмо 23.09.2009 г. № 04/23/-2561 ВС ОАО НПО «ЦНИИТМАШ»):

Одним из факторов, способствующих развитию дефекта в шпильках крепления крышки турбины на ГА-2, является значительное количество переходных режимов работы гидроагрегата в нерекомендуемых для эксплуатации зонах с повышенными динамическими характеристиками (вибрациями), в зависимости от мощности при участии гидроэлектростанции (и гидроагрегатов) в системном регулировании активной мощности и частоты. В тоже время следует отметить, что установленный заводом-изготовителем срок службы крепежа (шпилек) совпадает со сроком службы самого оборудования (30 лет).

4.2.1.4. Причины развития чрезвычайной ситуации

Представляется целесообразным отдельно проанализировать, почему разрушение одного гидроагрегата СШГЭС повлекло выход из строя практически всей гидростанции с разрушением 9 из существовавших 10 гидроагрегатов.

17.08.2009 г. ГА-2 работал под нагрузкой, ротор вращался с номинальной частотой. С 08 час. 12 мин. *(местн.вр.)* произошло снижение мощности гидроагрегата ГА-2 по заданию автоматической системы регулирования мощности АРЧМ-ГРАРМ. При входе в зону эксплуатационной характеристики гидроагрегата, не рекомендованной к работе, произошел обрыв шпилек крышки турбины. Под воздействием давления воды в гидроагрегате ротор гидроагрегата с крышкой турбины, направляющим аппаратом и верхней крестовиной начал движение вверх и, вследствие разгерметизации, вода начала заполнять объем шахты турбины, воздействуя на элементы генератора.[2]

При выходе обода рабочего колеса на отметку 314,6 рабочее колесо перешло в насосный режим и за счет запасенной энергии ротора генератора создало избыточное давление на входных кромках лопастей рабочего колеса, что привело к обрыву перьев лопаток направляющего аппарата. Через освободившуюся шахту ГА-2 вода начала поступать в машинный зал станции.

Машинный зал был затоплен до отметки 335,0. От действия напора воды вращающейся крестовины и ротора генератора ГА-2 было разрушено здание машинного зала в зоне гидроагрегатов ГА — 2, 3 и 4 (стены, перекрытия, остекление и 4-ая опора подкранового пути со стороны верхнего бьефа) верхней отметки блока ГА-2. Полностью повреждены силовые щиты, шкафы управления, вторичная коммутация и цепи управления, сосуды масловоздушные, сосуды воздушные. Лифты пассажирские были разрушены полностью.

Затоплены гидроагрегаты № 1-10. От действия воды произошли короткие замыкания обмоток работающих гидрогенераторов № 1, 3-5, 7-10. Гидрогенераторы получили повреждения различной степени. Разрушены блоки гидроагрегатов 7 и 9.

4.2.1.5. Некоторые выводы

Развитие аварии с гибелью большого количества людей и разрушением технических устройств, эксплуатируемых на СШГЭС, явилось следствием несоответствия комплекса защитных мер в отношении оборудования и персонала СШГЭС видам опасности, в частности:[1]

- отсутствие резервного источника питания и ключа управления на главном щите ЦПУ приводов сброса аварийно-ремонтных затворов напорных водоводов;
- отсутствие в алгоритме работ гидромеханической колонки регулятора режима закрытия направляющего аппарата при потере электроснабжения;
- применение оборудования и линий питания, связи, управления, контроля и защиты не во влагопылезащищенном исполнении;
- отсутствие в помещениях с постоянным либо временным расположением персонала эвакуационных выходов на отметку, не подвергаемую затоплению;

- отсутствие в помещениях с постоянным либо временным расположением персонала необходимых средств индивидуальной защиты.

4.2.1.6. Последствия аварии

Данный перечень разрушений сформирован на основании визуальных осмотров и дефектационных ведомостей. Использованы материалы, предоставленные ОАО «РусГидро», а также ежедневные Доклады о ходе ликвидации аварии на Саяно-Шушенской ГЭС Департамента оперативного контроля и управления в электроэнергетике и мобподготовки в ТЭК Министерства энергетики Российской Федерации.

Повреждение зданий и сооружений

Разрушено здание машинного зала в зоне гидроагрегатов ст. № 2, 3, 4 (стены, перекрытия, остекление и 4-ая опора подкранового пути со стороны верхнего бьефа).

Сооружения, пригодные к дальнейшему использованию после замены основных частей, деталей, узлов, конструктивных элементов:

- воздушные переходы Т-4 и Т-5;
- кабельные коммуникации ГЭС;
- воздухопроводы высокого и низкого давления;
- маслопроводы слива/залива трансформаторного и турбинного масел;

Повреждение оборудования

- ГА-1 – повреждены обмотки ротора и статора генератора, кольца и щетки вспомогательного генератора, шкафы управления, вторичные цепи и цепи управления, главный выключатель генератора, токопроводы 15,75 кВ, «0» выводы.

- ГА-2 – полностью разрушен и выброшен из шахты, разрушены обмотки ротора и статора, полностью разрушены шахта агрегата и статорной обмотки, крестовина, вспомогательный генератор, главный выключатель генератора, токопроводы 15,75 кВ, «0» выводы, вспомогательное оборудование, вторичные цепи и цепи управления.
- ГА-3 – повреждены обмотки ротора и статора генератора, вспомогательное оборудование, шкафы управления, вторичные цепи и цепи управления, главный выключатель генератора, токопроводы 15,75 кВ, «0» выводы:
- Произошла деформация обмотки статора главного генератора.
- ГА-4 – повреждены обмотки ротора и статора генератора, щёточный аппарат, вспомогательное оборудование, шкафы управления, вторичные цепи и цепи управления, главный выключатель генератора, частично токопроводы 15,75 кВ, «0» выводы. Котлы МНУ имеют следы механических повреждений.
- ГА-5 – повреждено вспомогательное оборудование, насосы МНУ сорваны, повреждены вторичные цепи и цепи управления, частично главный выключатель генератора, шкафы управления.
- ГА-6 – повреждены вспомогательное оборудование, шкафы управления, вторичные цепи и цепи управления.
- ГА-7 – разрушены статор генератора, крестовина, система регулирования турбины, котлы МНУ, система водяного охлаждения генератора, вторичные цепи и цепи управления; повреждены обмотки ротора, вспомогательный генератор, кольца ротора, главный выключатель генератора, «0» выводы, вспомогательное оборудование.
- ГА-8 – повреждены обмотки ротора и статора генератора, статор регуляторного генератора, трансформатор системы возбуждения, вспомогательное оборудование, шкафы управления, вторичные цепи и цепи управления, частично главный выключатель генератора.

- ГА-9 – разрушены статор генератора, крестовина; повреждены маслонапорная установка, вспомогательное оборудование, шкафы управления, вторичные цепи и цепи управления.
- ГА-10 – повреждены обмотки ротора и статора генератора; крестовина, фиксирующая подшипник генератора, провернута на полметра; повреждены главный выключатель генератора, вспомогательное оборудование, вторичные цепи и цепи управления.

Погибшие и пострадавшие (по состоянию на 25.09.2009 г.)

Авария сопровождалась многочисленными человеческими жертвами (75 погибших, 13 пострадавших). На момент аварии на территории СШГЭС находилось около 300 человек, включая ремонтный и привлечённый персонал.

Ликвидация аварии

В настоящее время все аварийные работы на Саяно-Шушенской ГЭС завершены. Демонтаж оборудования повреждённых гидроагрегатов выполняется в соответствии с утвержденным укрупнённым графиком производства основных видов работ в рамках программы восстановления Саяно-Шушенской ГЭС.

Во время ликвидации последствий аварии на Саяно-Шушенской ГЭС были проведены следующие аварийные работы:

- Аварийно-спасательные работы в здании ГЭС;
- Откачка воды из затопленного машинного зала и здания ГЭС;
- Разбор завалов на отметке 320,00 м, 327 м, 333,00 м;
- Вывоз и утилизация мусора;
- Сбор и утилизация нефтесодержащих отходов в прибрежной зоне р. Енисей в районе ВБ МГУ;
- Ликвидация аварийного разлива масла;
- Восстановление схем электропитания кранов для управления затворами верхнего бьефа;

- Восстановление электропитания потребителей на СШГЭС по временной схеме. Установлены и смонтированы линии электропередачи и электрооборудования. Установлены и подключены пять трансформаторных подстанции 6/0.4 кВ в районе машинного зала (три по 400 кВА, две по 630 кВА);
- Начато восстановление витражей МАРХИ машинного зала;
- Установка на порог всех семи имеющихся комплектов ремонтных затворов в НБ (на ГА 1, 2, 3, 4, 7, 9, 10). ГА 5, 6, 8 остаются без ремонтных затворов;
- Обследование железобетонных конструкций и выдача заключений об их техническом состоянии;
- Визуальное и инструментальное обследование несущих строительных конструкций по мере разборки завалов (монтажная площадка, электропристройка и здание ГЭС отметки 305, 307, 320, 327, 333 м);
- Обследование водоводов, отсасывающих труб;
- Устройство временных опор под железобетонными перекрытиями;
- Ремонт, восстановление систем отопления и теплового контура поврежденных административных зданий.

Работы по восстановлению Саяно-Шушенской ГЭС

Ремонт и ввод во временную эксплуатацию ГА № 6, 5, 4, 3 ведется в соответствии с Планом проведения восстановительных работ на Саяно-Шушенской ГЭС, утверждённым Правительственной комиссией по ликвидации последствий аварии в филиале ОАО «РусГидро» — «Саяно-Шушенская ГЭС» 03.10.2009 г., и Укрупнённым графиком производства основных видов работ от 05.09.2009 г.

Аварийный сброс турбинного масла в нижний бьеф из разрушенного оборудования составил около 50 тонн.

С первых дней были развёрнуты работы по минимизации последствий. Действия по локализации и ликвидации последствий разлива нефтепродуктов,

произошедшего в результате аварии, позволили предотвратить экологическую катастрофу на реке Енисей.

Всего в маслонаполненном оборудовании Саяно-Шушенской ГЭС (на площадке ГЭС и блочных трансформаторах) до аварии находилось 1749 м³ масла.

Остаток масла в оборудовании после аварии по примерным расчетам составил 1312,5 м³.

Проливов масла (ушло из оборудования) — 436,5 м³. Количество масла, попавшего в реку (оценочно) — 45 м³ (2,5 ‰).

Всего собрано 198 м³ масла и 593 м³ эмульсии. С начала работ выполнено 302 вылета авиационной техники, распылено 703,5 т эмульсии и обработано 229 км² водной поверхности. Осуществляется регулярный мониторинг качества воды в нижнем бьефе СШ ГЭС: проводится отбор проб, замеров и анализов для определения качества воды. Выстроена система оперативного реагирования на запросы надзорных органов и проведения независимой оценки развития экологической ситуации.

4.2.1.7. Анализ и выводы в сфере технической политики

Для более полного понимания комплексных организационных и технических процессов, происходящих на Саяно-Шушенской ГЭС и в гидроэнергетике России в целом, необходимо проанализировать:

1. Состояние и работоспособность проектных и исследовательских институтов России.
2. Способность отечественного энергомашиностроения в части обеспечения гидроэлектростанций современным и эффективным оборудованием.
3. Состояние науки и производства в постоянном совершенствовании АСУ ТП и диагностики.
4. Обеспечение системной надежности единой энергосистемы Российской Федерации.

Анализ и выводы в сфере технической политики в части автоматизированных систем управления технологическими процессами и диагностики

Система автоматического контроля и управление технологическими процессами и диагностики на Саяно-Шушенской ГЭС проектировалась ООО "НПФ «Ракурс». Число сотрудников компании — 178 человек, высшее техническое образование имеют 98 человек, квалификацию «инженер-механик» 7 человек, 7 кандидатов и 2 доктора технических наук. Компания организована в 1991 году. На СШ ГЭС специалисты компании работали в составе местных бригад с производителем работ. Компания сотрудничает с ЛМЗ по турбинам, начиная с 2000 года. При работе над системой визуализации информация на СШ ГЭС компанией использовалось программное обеспечение «Омрон».

При беседе с руководством компании 16.10.2009 г. выяснилось, что техническое задание на разработку программно-технического комплекса и устройства автоматического управления «АСУ ТП Саяно-Шушенской и Майнской ГЭС» не были согласованы с «Ленгидропроектом». Заказчиком технических требований явилась Саяно-Шушенская ГЭС.

В процессе исполнения договора на работы по АСУ ТП СШ ГЭС неоднократно применялись решения по изменению структуры, состава АСУ ТП датчиков и механизмов, технологических алгоритмов и других технических решений.

Следует особо отметить, что в системе АСУ ТП был заложен только контроль и визуализация рассогласования положения лопаток направляющего аппарата. В проекте АСУ ТП не было предусмотрено защиты от рассогласования положения лопаток направляющего аппарата. ООО «Ракурс» при разработке АСУ ТП для СШ ГЭС не обеспечило точную фиксацию времени возникновения событий.

Не был детально проработан вопрос резервного электропитания шкафов управления. Основное питания системы управления и регулирования

предусмотрено от источников переменного тока 220 В. В качестве резервного источника использовались аккумуляторные батареи постоянного тока 220 В.

Во время аварии система питания была полностью выведена из строя.

Руководство монтажными пуско-наладочными работами АСУ ТП выполнялось непосредственно специалистами ООО «НПФ „Ракурс“».

Одним из важнейших вопросов для понимания причин и последствий аварии на СШ ГЭС является разбор работы автоматики группового регулятора активной и реактивной мощности — ГРАРМ. Проектирование и поставка этих устройств осуществлялась фирмой «Промавтоматика». Число работающих на фирме — 65 человек. Из них занято на сборочном производстве − 20 человек, программистов — 25 человек, электриков по основному оборудованию — 6 человек, гидравликов — 4 человека и электриков по блокам − 5 человек.

Техническое задание по ГРАРМу разрабатывалось Саяно-Шушенской ГЭС. В техническом задании на разработку ГРАРМ не были сформулированы критерии, определяющие приоритеты работы гидроагрегата при групповом регулировании мощности, индивидуальное ограничение по мощности и зонам не рекомендованным к работе, не учитывались особенности режимов работы и конструкции гидроагрегатов. Не были установлены критерии выбора приоритетного агрегата и сроки сохранения приоритета. Алгоритм воздействия ГРАРМ на гидроагрегат в ходе автоматического регулирования мощности и частоты не согласовывался с заводом — изготовителем гидротурбин (согласно письма ОАО «Силовые машины» № 7/03-192 от 14.09.2009).

Система ГРАРМ запущена в опытную эксплуатацию в 2006 году и через полгода введена в промышленную эксплуатацию.

Следует отметить, что договор на сервисное обслуживание ГРАРМа отсутствует. Последний приезд специалистов по ГРАРМу на СШ ГЭС был в 2006 году. Позже специалисты по ГРАРМу на станцию не приезжали.

Без участия специалистов «Промавтоматики» в 2006 году были заменены штатные регулятора ИГР2И, с которыми стыкуется система ГРАРМ, на регуляторы ИКРМП.

Проект привязки новых регуляторов был сделан самой СШ ГЭС без участия «Промавтоматики».

У системы ГРАРМ две основные функции. Это, в первую очередь, распределение по агрегатам станции заданий плановой и внеплановой мощности, полученных от АРЧМ из ОДУ «Сибирь». Прибор должен рассчитать новое задание и раздать задания по агрегатам на индивидуальные регуляторы самих уже турбин. И второе — обеспечение поддержки заданной мощности станции при любых действиях оператора на агрегатах, которые не задействованы в ГРАРМ.

Необходимо отметить следующие особенности. Эта система не является обязательной системой; может быть выключена.

Если для ОДУ «Сибирь» необходимо для управления выключить систему ГРАРМ, то оператору выдается команда на выключение.

Система ГРАРМ спроектирована и выполнена так, что она не предназначена для выполнения каких либо функций защиты. Повторим, в ней нет никаких функций защиты оборудования.

Данная система не ведет учет переходов через зону нежелательной работы.

На всех агрегатах режим закрытия направляющего аппарата в алгоритме работы электрогидравлического регулятора частоты вращения турбины при потере электропитания не был предусмотрен.

На СШ ГЭС ранее отмечали случаи, когда в работе ГРАРМа наблюдались сбои: случаи уменьшения мощности не санкционированные из ОДУ. Были попытки устранить эти ошибки в ГРАРМе путем добавления количества защит по несанкционированной работе.

Следует отметить, что работа велась не на основании технического задания, а по техническим требованиям, которые многократно пересогласовывались СШ ГЭС, как заказчиком.

«Ленгидропроектом» были разработаны технические требования, к составлению технического задания институт не привлекался. Фундаментальным, по мнению Комиссии, является следующий вопрос.

Первоначально АСУ ТП была реализована таким образом, что имелась возможность реализовать сигнал в систему защиты с выводом на остановку агрегатов.

В качестве опции была сделана предупредительная сигнализация. Но после проведенных испытаний и ремонта система автоматики эксплуатировалась станцией исключительно в информационном режиме.

Таким образом, руководство СШ ГЭС не использовало систему в режиме автоматики.

Более того. В системе специально предусмотрена возможность, когда не все агрегаты одновременно управляются ГРАРМом. Например, десятый агрегат не управлялся из системы по технологическим ограничениям. Оператор вывел его из-под ГРАРМа. Второй гидроагрегат операторы считали вполне исправным, потому что он только что прошел капремонт. Но виброхарактеристики этого агрегата были на пределе допустимого.

В систему ГРАРМ не заводится никакой информации по вибрации. Механизм защиты реализуется через локальную АСУ ТП непосредственно от локальной системы управления, работа которой осуществлялась следующим образом. Когда групповой регулятор делает запрос на подключение агрегатов к ГРАРМ, локальная система должна дать подтверждение о том, что агрегат можно вводить (или отказать во вводе).

У агрегатов, поставленных на СШ ГЭС, зона запрещенной работы очень большая. При росте напора резко сокращается зона благоприятной работы. При уровне 214, эта зона всего 70 МВт. Когда станцию нагружают на пределе плановой мощности, то все агрегаты начинают уходить в верхнюю зону и работают в диапазоне 70 МВт.

Регулирование со скоростью 30 МВт в секунду означает переход через зону запрещенной работы. За 10 секунд агрегаты набирали и сбрасывали по 300 МВт при ширине зоны регулировки всего в 70 МВт в разрешенной к эксплуатации зоне.

Предельно важным для понимания причин аварии является алгоритм работы оператора станции при регулировании в ручном режиме и взаимодействии оператора с системой ГРАРМ. Оператор ключом-регулятором ЭГР-2И в ручном режиме подает управляющий сигнал на МИМ. МИМ — механизм, автоматически двигающийся с постоянной скоростью 30 МВт/сек. У ключа отсутствует регулировочный механизм.

В таком режиме основная функция ГРАРМа заключается в том, чтобы проинформировать оператора и помочь удержать мощность с остальными агрегатами.

То есть, вместо режима автоматического управления система ГРАРМ работает как информационная система.

Работать в ручном режиме оператору достаточно тяжело.

Он должен левой рукой взять агрегат, а правой рукой другим каким-то агрегатом пытаться удержать суммарную мощность при регулировании частоты.

Установлено, что в момент аварии под ГРАРМом находилось 6 агрегатов, 3 — вне ГРАРМа, один агрегат (шестой) был выключен. Таким образом, три агрегата работали в ручном режиме регулирования.

Развитие аварии с гибелью большого количества людей и разрушением технических устройств, эксплуатируемых на СШГЭС, явилось следствием несоответствия комплекса защитных мер в отношении оборудования и персонала СШГЭС видам опасности, в частности:

- отсутствие резервного источника питания и ключа управления на главном щите ЦПУ приводов сброса аварийно-ремонтных затворов напорных водоводов;
- отсутствие в алгоритме работ гидромеханической колонки регулятора режима закрытия направляющего аппарата при потере электроснабжения;
- применения оборудования и линий питания, связи, управления, контроля и защиты не во влагопылезащищенном исполнении.

В итоге в предаварийной и аварийной ситуации АСУ ТП не обеспечила:

- отключение турбогенератора № 2 при повышенной вибрации, зафиксированной датчиками вибрации до аварии;
- перекрытия аварийного затвора после разрушения турбогенератора № 2;
- отключения всех турбогенераторов от внешней энергосистемы после поступления воды в машинный зал.

- Анализ и выводы в сфере технической политики в части обеспечения системной надежности

Разностороннее изучение причин возникновения аварии на Саяно-Шушенской ГЭС показало, что при эксплуатации объекта энергетики необходимо учитывать не только требования к техническому состоянию его оборудования и возможной угрозы жизни и здоровью людей при работе такого объекта, но и требования, учитывающие техническую и технологическую готовность и способность отдельного объекта выполнять свои функции в качестве элемента единой энергетической системы. В результате оценки работы Саяно-Шушенской ГЭС в качестве элемента единой энергетической системы выявлены следующие проблемы:

1. Необходимость совершенствования нормативной правовой базы, определяющей параметры и регулирующей контроль за надежностью и эффективной работой энергосистемы.

2. Необходимость создания федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции контроля за надежной работой энергосистемы и составляющих ее энергообъектов, включая контроль за организацией специфического процесса эксплуатации.

3. Необходимость совершенствования межправительственных отношений в области обеспечения параллельной работы ЕЭС России с энергосистемами сопредельных государств.

Необходимость совершенствования нормативной правовой базы, определяющей параметры и регулирующей контроль за надежностью энергосистемы

Для обеспечения общеобязательных требований к техническому состоянию и эксплуатации объектов электроэнергетики разработаны проекты трех технических регламентов:

- о безопасности электрических станций и сетей;
- о безопасности электроустановок;
- о безопасности высоковольтного оборудования.

Указанные проекты устанавливают на уровне федерального закона обязательные требования к проектированию, строительству, эксплуатации объектов электроэнергетики, а также правилам и формам оценки соответствия объектов регулирования требованиям технического регламента, в том числе путем осуществления государственного контроля и надзора за соблюдением требований технического регламента.

4.2.1.8. Экология, безопасность эксплуатации плотины Саяно-Шушенского водохранилища, проблемы и задачи

Саяно-Шушенский гидроэнергокомплекс имеет комплексное назначение. Помимо регулирования стока преимущественно в энергетических целях, он используется для нужд водного транспорта, коммунального хозяйства, ирригации и срезки максимальных расходов воды для предотвращения наводнений.

В состав энергокомплекса входят два водохранилища, находящиеся на балансе и в ведении Росводресурсов: Саяно-Шушенское и Майнское.

Водохранилище Саяно-Шушенской ГЭС осуществляет суточное, недельное и годичное регулирование в интересах энергосистемы и других водопользователей. Водохранилище Майнской ГЭС перерегулирует эксплуатационные расходы воды Саяно-Шушенской ГЭС, сглаживая

последствия суточного и частично недельного регулирования, т. е. является контррегулятором.

Общая площадь земель, отведенных под Саяно-Шушенское водохранилище распоряжением Совет Министров РСФСР от 05.10.1984 г. № 1390-Р, составляет 59 994 га, в том числе: Красноярский край — 29 065 га, Республика Хакасия — 4767 га, Республика Тыва — 26 162 га.

В проектной «Разработке требований гидроэнергетики к режиму работы ГЭС Енисейского каскада» 2007 г. максимальный расчетный расход обеспеченностью 0,1 % определён в 17 500 м³/с, поверочный расход обеспеченностью 0,01 % с гарантийной поправкой 24 400 м³/с.

Среднемноголетний сток, поступающий в нижний бьеф Саяно-Шушенской ГЭС равен 46,8 км³, в том числе через турбины 44,2 км³.

Установление режимов пропуска паводков, специальных попусков, наполнения и сработки водохранилищ отнесено к полномочиям Росводресурсов, в целях реализации которых в важнейших водных бассейнах созданы и работают Межведомственные оперативные (рабочие) группы по регулированию режимов работы водохранилищ и водохозяйственных систем.

Приказом Федерального агентства водных ресурсов от 30.03.2005 г. № 42 на Енисейское бассейновое водное управление (Енисейское БВУ) возложено установление режимов специальных попусков, наполнения и сработки десяти водохранилищ Ангаро-Енисейского каскада.

4.2.1.9. Основные причины, приведшие к аварии

Авария на СШГЭС с многочисленными человеческими жертвами стала следствием целого ряда причин технического, организационного и нормативного правового характера. Большинство этих причин носит системный многофакторный характер, включая недопустимо низкую ответственность эксплуатационного персонала, недопустимо низкую ответственность и

профессионализм руководства станции, а также злоупотребление служебным положением руководством станции.

Не был должным образом организован постоянный контроль технического состояния оборудования оперативно-ремонтным персоналом (что должно предусматриваться инструкцией по эксплуатации гидроагрегатов Саяно-Шушенской ГЭС, утвержденной главным инженером СШГЭС от 18.05.2009 г.).

Основной причиной аварии стало непринятие мер к оперативной остановке второго гидроагрегата и выяснения причин вибрации.

По данным анализа архивов АСУ ТП, проверенных в период с 21 апреля 2009 года по 17 августа 2009 г., наблюдался относительный рост вибрации турбинного подшипника второго гидроагрегата примерно в 4 раза. В общей сложности с момента выхода из ремонта второй гидроагрегат находился в зоне не рекомендованной работы 210 раз, отработав в этой зоне в общей сложности 2520 сек.

За последние 13 минут работы второго гидроагрегата амплитуда вибрации подшипника крышки турбины увеличилась на 240 мкм (с 600 мкм до 840 мкм при максимальном допустимом значении 160 мкм, соответствующем, в основном, параметрам вибрации остальных гидроагрегатов станции).[1]

В этой ситуации главный инженер СШГЭС (находившийся на станции с 6 ч. 35 мин. 17.08.09 г.) обязан был в силу своей профессиональной компетенции принять решение об остановке второго гидроагрегата.

Разрушению шпилек крышки турбины, вызванного работой второго гидроагрегата с недопустимым уровнем вибрации, способствовало низкое качество проведенного в марте 2009 года аффилированной с руководством СШГЭС организацией среднего ремонта второго гидроагрегата, в процессе которого не было определено состояние шпилек крышки турбины.

Причины, приведшие к большому количеству погибших людей и катастрофическому объему поврежденного оборудования, находятся в недооценке при проектировании плотины опасности размещения помещений с постоянным либо временным персоналом на отметках, подверженных

затоплению, отсутствие в указанных помещениях эвакуационных выходов на безопасные отметки.

Это в полной мере относится и к размещению оборудования систем технологических защит, связи, управления в местах, подверженных гидромеханическому воздействию, в результате чего с первых минут аварии было полностью потеряно управление оборудованием СШГЭС.

Развитие аварии от разрушения отдельного гидроагрегата до выхода из строя гидростанции и разрушением технических устройств явилось следствием отсутствия в системе управления станцией АСУ ТП необходимого комплекса защитных мер в отношении оборудования и персонала станции по видам опасности, в частности:

- отсутствие резервного источника питания и управления на главном щите ЦПУ приводов сброса аварийно-ремонтных затворов напорных водоводов;
- отсутствие в системе управления гидромеханической колонки регулятора режима закрытия направляющего аппарата при потере энергоснабжения.

Обстоятельствами, способствовавшими аварии стали:

- неплановые перетоки мощности (более 1000 Мвт) в нарушение действующих соглашений между ЕЭС Казахстана и ЕЭС России, приводящие к значительным объемам регулирования СШГЭС и дополнительной необходимости перехода через не рекомендованные зоны работы;
- алгоритм воздействия ГРАРМ на нагрузку гидроагрегатов не содержал критериев выбора приоритетности гидроагрегатов в ходе автоматического регулирования мощности и частоты и не согласовывался с заводом — изготовителем, не учитывалось количество прохождений через не рекомендованную зону работы;
- количество переходов через не рекомендованную зону работы не регламентировалось заводом — изготовителем;
- превышение уровня рассогласования открытия лопаток направляющего аппарата (в процессе регулирования мощности гидроагрегатов

АСУ ТП, после ее модернизации МПФ «Ракурс») более разрешенных заводом-изготовителем 2,5 градусов, что ухудшило вибрационное состояние второго гидроагрегата;

- утрата необходимого взаимодействия между заводом-изготовителем оборудования, генеральным проектировщиком и техническим персоналом СШГЭС, в результате чего проект реконструкции АСУ ТП станции не был согласован с «Ленгидропроектом», алгоритм работы ГРАРМ не согласовывался с заводом-изготовителем;
- исключение требований лицензирования ремонтной деятельности на энергетических объектах снижает профессиональный уровень ремонтных организаций и качество проводимых работ.

Безусловный приоритет финансовых показателей над технологическими аспектами, включая качество и сроки ремонтных работ, нанес электроэнергетике колоссальный ущерб, подорвал системные основы бескризисного функционирования отрасли, привел к ослаблению технологической дисциплины и ответственности, отсутствию на электростанциях полноценного контроля за техническим состоянием оборудования.

Структура управления ОАО «РусГидро» не обеспечила должного внимания к безопасности функционирования станции.

Также к причинам аварии следует отнести снижение уровня квалификации руководящих кадров, работающих в отрасли, и принижение роли инженерных служб. Технические специалисты с опытом работы и специальным инженерным образованием составляют в составе правления ОАО «РусГидро» абсолютное меньшинство. Должность главного инженера в этой крупнейшей российской генерирующей компании отсутствует.

Одним из обстоятельств режима эксплуатации гидрогенераторов СШГЭС, негативно сказавшемся на эксплуатационном ресурсе силового оборудования, явилось перекладывание функций сетевых компенсаторов реактивной мощности на гидрогенераторы. Покрытие дефицита устойчивости устройств компенсации реактивной мощности электрической сети за счет генерации носит системный

характер для большинства регионов высоковольтной электрической сети Российской Федерации. Это снижает функциональные возможности и ухудшает эксплуатационные режимы генераторов электрических станций, а также приводит к снижению надежности электроэнергетической системы в целом и осложнению послеаварийных ситуаций вплоть до развития крупных системных аварий.

С созданием акционерного общества открытого типа «Саяно-Шушенская ГЭС» в 1993 году практически прекратился авторский надзор за работой гидроагрегатов со стороны института «Ленгидроэнергопроект», а также авторский надзор за работой гидроагрегатов со стороны завода-изготовителя — производственного объединения «Ленинградский металлический завод».

В масштабах отрасли отсутствует система повышения профессиональной квалификации главных технических специалистов, как следствие занижен порог персональной ответственности технических руководителей за вверенные объекты электроэнергетики, которые являются объектами повышенной опасности для окружающей среды и человека.

4.2.2. Авария круизного судна Costa Concordia

В ночь с 13 на 14 января 2012 года в Тирренском море вблизи итальянского острова Джильо потерпел крушение круизное судно Costa Concordia.

Это событие происходило следующим образом.

В пятницу 13 января в 21:15 на капитанский мостик круизного судна зашел Антонелло Тьеволи, служивший на корабле метрдотелем. Через широкие иллюминаторы Тьеволи мог видеть, как к судну приближаются мерцающие огоньки его малой родины — острова Гильо.

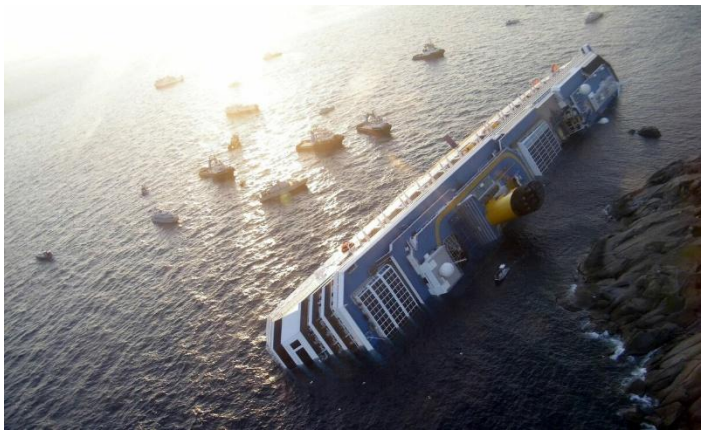


Рисунок 1.21 – Круизное судно Costa Concordia после крушения

Капитан Франческо Скеттино знал, что на острове живет сестра Тьеволи, и потому пригласил его на мостик, когда судно проходило мимо этих берегов. 13 ярко освещенных палуб Costa Concordia могли затмить любой источник света на Гильо, а число людей на борту (4200) вчетверо превосходило все население острова.

Капитан отклонился от установленного планом курса — плавучая махина длиной 286 м в этот момент была на четыре мили ближе к острову, чем следовало. Сведущие люди говорили потом, что на лайнерах компании Costa это было особой традицией — приветствовать популярного у экипажей отставного капитана Марио Паломбо, в то время как судно проходило мимо его дома на острове Гильо. Корабль, сбавивший было ход, пока Скеттино сидел за ужином, теперь разогнался до 16 узлов. На расстоянии меньше мили от берега такая скорость граничит с большим риском.

В распечатке маршрута можно было прочесть о том, что судно пройдет неподалеку от острова, но мало кто из 3200 пассажиров смотрел в это время на море. Всего за два часа до этого Costa Concordia вышла из порта Чивитавеккья, морских ворот Рима, и пассажиры только начали осваиваться в новой курортной обстановке. Прежде чем отправиться на назначенное на 21:30 выступление иллюзиониста Мартина-Волшебника, жительница Миннесоты Ронда Розентол зашла в свою каюту. Она выглянула в иллюминатор и заметила на море белые барашки. «Волны вздымались довольно высоко, а чуть поодаль можно было

разглядеть какие-то огоньки, — вспоминает Розентол. — Тогда мне показалось, что либо мы идем как-то уж очень быстро, либо берег совсем рядом».

Капитан Скеттино связался с Паломбо и узнал, что его друг и учитель в данный момент пребывает на материке в своей зимней квартире. Но обратного пути уже не было — судно мчалось прямо на скалистый берег.

Современные круизные суда оборудованы навигационными системами на основе GPS, которые постоянно отслеживают положение лайнера и выводят данные на экран. Если система обнаруживает какое-либо отклонение от заданного маршрута, она включает сигнал тревоги. «Вполне возможно, что для совершения незапланированного маневра Скеттино на время отключил аварийную сигнализацию, — говорит Тед Томпсон, бывший капитан береговой охраны США, а ныне старший вице-президент по техническим и юридическим вопросам в Международной ассоциации круизных линий. — Вырубив автоматику, он мог управлять судном в ручном режиме, полагаясь на собственные глаза».

На мостике имелось и другое оборудование, которое должно было предупредить экипаж, если, конечно, он обращал на эти сигналы внимание. «Все суда оснащены эхолотами, которые сообщают, сколько остается воды под килем, — говорит Джордж Борлас, корабельный инженер и эксперт в вопросах судоходства, — но в конце дня зачастую человеческий фактор оказывается сильнее техники».

Скеттино говорит, что корабль, по его представлениям, находился более чем в полумиле от берега. Это, конечно, слишком близко, если сверяться с инструкцией, но об опасности говорить было еще рано. Потом данные спутниковой навигации показали, что до берега осталось менее 300 м.

В 21:45 все на судне уже знали, что случилась какая-то неприятность: судно тряхануло, и пассажиры услышали громкий скрежещущий звук. Потом некоторые сравнивали пережитое с легким землетрясением.

Розентол смотрела выступление иллюзиониста, когда почувствовала, что «судно качнулось и будто бы дало задний ход». Она было подумала, что это

спецэффект, предусмотренный сценарием, пока не увидела, что сцена пуста. «Я искала взглядом, куда мог деться фокусник, но он просто исчез». В этот момент судно столкнулось с большой скалой рифа Ле Сколе неподалеку от острова Гильо.

Через несколько секунд лампочки замигали и погасли. Розентол вместе с сестрой (сестра — офицер армии США, служащая в Афганистане и проводившая в круизе отпуск) отправились в свою каюту, собираясь поспать. По громкоговорящей связи всем сообщили, что возникли технические проблемы с генераторами, и пообещали быстро восстановить энергоснабжение.

Удар о скалу привел к тому, что вдоль левого борта образовалась пробоина длиной 48 м. Забортная вода хлынула внутрь корабля сквозь дыру длиной с олимпийский бассейн, заполняя собой три из семи отделенных друг от друга водонепроницаемыми переборками отсеков. Генераторы встали наглухо. Costa Concordia попала в серьезную беду.

Суда, построенные после 2010 года, при затоплении трех отсеков уже не опрокинулись бы, как это произошло с Costa Concordia. В 2008 году в Международной морской организации при ООН были разработаны новые стандарты строительства, требующие, чтобы судно сохраняло остойчивость при затоплении более двух отсеков. Costa Concordia, сданная в эксплуатацию в 2005 году, соответствовала лишь устаревшим стандартам безопасности 50-летней давности.

Через несколько минут после удара включилось мерцающее аварийное освещение. Судно, которое постепенно уносило от острова, начало крениться на левый борт. Однако члены экипажа продолжали твердить пассажирам, что ситуация находится под контролем.

По правилам грузового и пассажирского судоходства действия экипажа в чрезвычайной ситуации в предварительном планировании всех необходимых действий ддя их оперативного выполнения. Этот порядок базировался на продуманной иерархии подчинения, которая распределяет ответственность в кризисной ситуации, но он не оправдался в данном случае.

Если исходить из имеющихся отчетов и видеокадров, снятых на мостике сразу после столкновения, создастся впечатление, что капитан не управлял чьей-либо деятельностью и вообще не чувствовал себя командиром.

«Судно было обречено из-за полного отсутствия руководящей воли на каждом этапе развития ситуации», — говорит капитан Харри Болтон, директор морских программ и программ подготовки руководящих кадров в Калифорнийской морской академии.

В 90 милях к северу ночная вахта на посту итальянской береговой охраны в Ливорно получила первое предупреждение от полиции. Полицейским начали поступать тревожные звонки от граждан, чьи родственники в это время находились на борту лайнера. Смысл звонков сводился к тому, что на судне, находящемся неподалеку, возникли какие-то трудности. Капитан итальянской береговой охраны Грегорио Де Фалько позвонил на ходовой мостик Costa Concordia, где ему сообщили, что «все в порядке, просто есть технические проблемы». О гигантской пробоине в левом борту не было сказано ни слова.

Принимая в трюмы все больше и больше забортной воды, Costa Concordia стала приобретать опасный крен. Тарелки и столовые приборы падали со столов, сервировочные столики и прочая мебель съезжали по палубе к стенам. Из кают начали выходить пассажиры в пижамах и спасательных жилетах. Возникла толкучка, и воцарилась неразбериха. Как выяснилось, туристы не знали, где расположены спасательные шлюпки, к которым они приписаны. Такую информацию обычно сообщают на первых же учениях, которые полагается провести не позднее чем через 24 часа после отбытия в круиз. Однако шли самые первые часы плавания, и 696 пассажиров просто не знали, куда им двигаться.

Члены экипажа, оказавшись без руководства и необходимой информации, просили пассажиров оставаться на местах. «В этой ситуации команда пребывала в таком же неведении, как и пассажиры», — говорит Джон Конрад, капитан торгового судна и основатель посвященного морской практике сайта gCapitan.

При заглохших главных дизелях Costa Concordia дрейфовала еще около часа. Данные GPS показывают, что скорость лайнера упала почти до нуля.

«Когда судно не имеет поступательной скорости, управлять им невозможно», — объясняет Харри Болтон. Правда, у Скеттино оставались еще дополнительные возможности. «На судне есть вспомогательные двигатели, обеспечивающие некоторый резерв мощности. Обычно их располагают на верхних палубах, чтобы обезопасить от возможного затопления», — говорит Болтон

Примерно через 30 минут после удара капитан, судя по всему, попытался использовать этот резервный двигатель, чтобы пустить в ход носовые подруливающие устройства. Обычно их задействуют при причаливании, но Скеттино, скорее всего, решил использовать последнюю возможность, чтобы подогнать судно к берегу. Очень может быть, что именно этот маневр помог спасти человеческие жизни, однако он же привел к непредвиденным последствиям. «Капитан стремился довести Costa Concordia до мелководья, рассчитывая, что, выбросив судно на мель, он поставит его на ровный киль, — рассуждает Болтон, — однако в своих расчетах Скеттино ошибся».

Нэнси и Марио Лофаро из Нью-Рошель, штат Нью-Йорк, испугавшись при виде накрененной палубы, побежали в свою каюту, чтобы прихватить одежду и спасательное снаряжение. Пока они бежали по коридорам, судно накренилось еще больше. «Мы услышали громкий шум, — говорит Нэнси, — и все вокруг начало падать на пол и разбиваться». В этот момент Costa Concordia налетела на прибрежную отмель и теперь была готова опрокинуться.

Капитан отдал официальный приказ покинуть судно. Согласно уставу, от этого приказа до спуска на воду всех 26 спасательных шлюпок должно пройти не более 30 минут. Однако команда почему-то замешкалась, и спасательные работы пошли наперекосяк. К этому времени Costa Concordia имела крен более 20 градусов, так что некоторые из висящих по бортам шлюпок использовать было уже невозможно.

Розентол и ее сестра оказались в одной из шлюпок, которые были спущены на воду первыми. К пирсу острова Гильо они причалили в 23:14. Там к ним сразу кинулся спасатель-волонтер с просьбой отдать свои жилеты. С лайнера

сообщали, что около 500 пассажиров катастрофа застала врасплох, и они не смогли забрать спасжилеты из своих кают.

Примерно в 23:30 Скеттино спустился в спасательную шлюпку (как говорит он сам, «упал в шлюпку»), и его повезли к берегу. За спиной он оставил свое судно и сотни пассажиров. Есть сообщения, что другие офицеры из команды «Конкордии» последовали его примеру, хотя были и такие, кто занимался доставкой пассажиров на берег.

Нэнси Лофаро вспоминает, как страшно было ждать в спасательной шлюпке, пока матросы мешкали с ее спуском. «Из-за предельного крена спускать шлюпки на воду было почти невозможно. Шлюпка все время колотилась о борт лайнера, — рассказывает она. — Сидящие внутри люди непрерывно кричали».

Скеттино посадил Costa Concordia на мель в таком месте, где глубина составляла примерно 13 м. Когда судно, наконец, завалилось на борт, десятки людей выпрыгнули или выпали в воду. Некоторые из них были в вечерних костюмах. Температура воды составляла около 14 °C. В такой воде конечности теряют подвижность за считанные минуты, а менее чем через час наступает смерть от переохлаждения.

К этому моменту вертолеты итальянской береговой охраны засекли место крушения по передаваемым навигационной системой корабля координатам. Оказавшихся в воде искали с воздуха с помощью инфракрасных камер. Более 100 человек еще удерживались на палубах выше уровня воды — им пилоты вертолетов сбросили специальные ремни, чтобы можно было к чему-нибудь пристегнуться.

Офицер береговой охраны Де Фалько дозвонился до Скеттино по сотовому телефону. Пограничник потребовал, чтобы капитан вернулся к своим обязанностям, но получил отказ в самой категорической форме. «Возможно, ты и спас свою шкуру, но ты у меня за все заплатишь», — прокричал по телефону Де Фалько.

Список жертв при крушении Costa Concordia достиг 32 человек (включая двоих пропавших без вести). Скеттино обвиняется в непредумышленном

убийстве, под следствие также попали его первый помощник, несколько членов экипажа и некоторые должностные лица компании Costa.

Анализируя действия экипажа Costa Concordia, трудно сразу формулировать рекомендации, которые позволили бы избежать подобного в будущем. Правда, один урок уже извлечен: учения со спасательными шлюпками на прогулочных лайнерах проводятся до, а не после отплытия в круиз.

Гибель «Титаника», сколько бы ни говорили о человеческих ошибках, повлекших за собой катастрофу, стала прежде всего предостережением от безоговорочной веры в технику. Случай с лайнером Costa Concordia заключает в себе иную мораль: не стоит слишком доверять тем ответственным лицам, которые полагают, будто ваша безопасность не требует от них никаких усилий.

4.2.3. Авария на шахте «Распадская»

Шахта «Распадская» была сдана в эксплуатацию в 1973 году с проектной мощностью 7,5 миллионов тонн в год. Разрабатываемые пласты находились на глубине 260—520 метров. Мощность пластов колеблется от 2,6 до 4,5 метров. Угли пластов опасные по самовозгоранию, пыль разрабатываемых пластов взрывоопасна. Категория шахты по газу метану – сверхкатегорийная. Протяженность горных выработок по состоянии на 1 января 2010 года 310 километров 734 метра. Технология отработки запасов угля длинными столбами по простиранию с управлением кровлей полным обрушением с выемкой межлавных целиков размеров 30—40 метров.

Шахта «Распадская» считалась самой крупной в России. Трагедия на ней случилась 8 мая 2010 года – взорвался метан. В этой катастрофе погиб 91 человек и около 140 рабочих получили ранения. В момент взрыва в шахте находились 359 горняков.

Всего было два взрыва: первый раздался 8 мая в 23:40 по местному времени (20:40 мск). Это был период работы четвертой смены. Работников еще

не пустили под землю, но часть была задействована на восстановлении поврежденных надземных вентиляционных построек. После взрыва под землю спустились несколько отделений горноспасателей для разведки и помощи пострадавшим.

Всего было два взрыва: первый раздался 8 мая в 23:40 по местному времени (20:40 мск). Это был период работы четвертой смены. Работников еще не пустили под землю, но часть была задействована на восстановлении поврежденных надземных вентиляционных построек. После взрыва под землю спустились несколько отделений горноспасателей для разведки и помощи пострадавшим.

Второй взрыв оказался более мощным, он прогремел 9 мая в 03:45 по местному времени (00:45 мск). В шахте находились 83 человека – 64 шахтера и 19 спасателей. Тут же у входа собралась большая толпа шахтеров, их тоже накрыло взрывной волной. Многих доставили в больницу, у пострадавших диагностировали многочисленные ожоги и баротравмы. Два человека погибли.

В связи с аварией события развивались следующим образом.

9 мая была создана Правительственная комиссия по ликвидации последствий[6]. На 07:18 погибшими были признаны 11 человек. В числе погибших есть горноспасатели, есть пострадавшие на поверхности.

По информации на 10 мая положение находящихся в шахте людей усугубляется тем, что затруднена подача воздуха и откачка воды. В Междуреченск прибыл мобильный госпиталь Сибирского клинического центра ФМБА России. На 17:00 погибшими признаны 32 человека, 58 — без вести пропавшими[11].

По информации главы МЧС, в ночь на 11 мая на пути у горноспасателей образовались завалы горных пород и очаги возгорания, которые мешают проведению спасательной операции. Горноспасатели были направлены на ликвидацию пожаров[12].

11 мая на 8:02 погибшими признаны 43 человека, ещё 47 числятся пропавшими без вести[13]. На 15:15 число жертв аварии на шахте ввозросло до

52. Вентиляцию частично планируется запустить 12 мая в 10 утра. На 19:00 погибшими признаны 52 человека, 38 – без вести пропавшими.

12 мая на 7:16 горноспасатели обнаружили ещё восемь тел погибших горняков. Таким образом общее число погибших при взрывах возросло до 60 человек. Спасательной работе по-прежнему мешает высокая концентрация метана, спасатели вынуждены работать в дыхательных аппаратах, поскольку в некоторых местах концентрация метана превышает допустимую втрое. На утро обследовано уже три четверти шахты.

13 мая число жертв увеличилось до 66 человек. Горноспасатели в течение дня пытались потушить возгорания в подземных выработках.

14 мая на 05:14 тела всех 66 погибших подняты на поверхность и опознаны. 94 человека госпитализированы[20]. Самолёт МЧС доставил 3 тонны реагента для тушения пожаров в замкнутых объёмах в аэропорт Новокузнецка. В связи с обнаружением множественных очагов пожара и повышением концентрации метана принято решение приостановить поисковые работы, затопить часть горящих тупиковых выработок и использовать для тушения хладон.

15 мая началась подача воды и воздуха в шахту. Контроль за наполнением выработок водой и состоянием газово-воздушной среды в шахте осуществляется с поверхности. На территории шахты сохраняется режим ограничения доступа.

16 мая для увеличения объёма подачи воды на тушение пожара в шахту был проложен дополнительный трубопровод. К вечеру пожары были частично потушены.

18 мая в обследованных ранее выработках косвенным путём (по росту концентрации окиси углерода) обнаружены новые очаги возгорания. Поскольку достоверно было известно, что людей в этой части шахты нет, было принято решение частично затопить её.

19 мая к вечеру обстановка с пожарами ухудшилась.

20 мая ситуация с пожарами продолжала ухудшаться. Началось затопление выработок, в которых могли находиться пропавшие без вести. Спасательные работы на шахте отложены на неопределённый срок.

22 мая горноспасатели всё ещё не могут спуститься в шахту из-за пожаров.

23 мая найдено одно тело ещё одного погибшего на уклоне 7-го пласта. В шахте сохранялась высокая концентрация метана и продолжалось частичное подтопление выработок.

К сентябрю 2011 года из шахты были извлечены тела 80 погибших, 11 оставались не найденными[35]. Пожары продолжались, но аварийный участок был сокращён до 25 км и изолирован за счёт блокировки вентиляционных отверстий, после чего концентрация кислорода снизилась до уровня 3 %. Но высокое содержания метана (от 30 до 40 %) делало опасным возобновление поисков погибших и проведение каких-либо работ.

В общей сложности в результате аварии погиб 91 человек, 133 человека получили различные травмы. Из числа погибших шахтёров 34 человека погибло не от взрыва, а от отравления монооксидом углерода.

Шахта восстановила работу в 2013 году.

Результаты расследования причин аварии показали следующее.

Ростехнадзор ещё до аварии четырежды обращался в суд с иском о дисквалификации директора шахты «Распадская» за многочисленные нарушения, но не добился этого.

Следственными мероприятиями руководил глава СКП Александр Бастрыкин. В качестве возможных версий случившегося, по неофициальным данным, рассматривалась неисправность электрооборудования и нарушение технологии угледобычи. Также одной из причин взрыва, по словам руководителя оперативного штаба поисково-спасательной операции Сергея Шойгу, мог стать внезапный выброс метана.

В конце 2010 года Ростехнадзор предоставил акты о несчастном случае на производстве. В документе были указаны причины первого и второго взрывов, а также названы виновники трагедии. Экспертная комиссия ведомства озвучила основные причины возникновения аварии и дальнейшего её развития – это нарушение пылевого режима шахты, отсутствие должного контроля за

признаками самонагревания угля со стороны работников шахты, неисполнение предусмотренных проектами профилактических мероприятий по предотвращению эндогенного нагревания угля, неустойчивость электроснабжения шахты.

Также Ростехнадзор назвал 24 виновника трагедии, среди которых служащие шахты различных рангов: обычные механики, начальники участков и директор шахты.

Взрыв метана произошёл в сбойках № 8 и 7 со стороны выработанного пространства с выгоранием метановоздушной смеси в выработанном пространстве лавы 5а-10-18. Причиной возгорания стал электрический разряд, возникший из-за повреждённой изоляции высоковольтного кабеля. При этом электрослесарь, производивший откачку воды на сопряжении вентиляционного штрека 5а-10-20 со сбойкой № 8, был поражён электрическим током. В числе условий, способствовавших распространению пожара, называлось использование не предназначенных для возведения перемычек материалов, что привело к появлению метановоздушной смеси за перемычками. Источником взрыва в сбойке № 5 явилось эндогенное самонагревание угля в выработанном пространстве лав 5а-6-16, 5а-6-18[1]. Основными причинами второго взрыва стали остановка вентиляторов главного проветривания и разрушение надшахтных зданий, приведшее к нарушению вентиляции, разрушению изолирующих перемычек и накоплению метана по всей шахте. Также повторному взрыву способствовало наличие источников воспламенения после первого взрыва.

17 марта 2016 года в Кузбассе начались слушания по трагедии на шахте. Следственный комитет признал пострадавшими 146 человек, перед судом предстало 8 человек, в том числе руководство предприятия и государственный инспектор горного надзора управления по технологическому и экологическому надзору Ростехнадзора Кемеровской области Федору Вереременко. Помимо этого, обвинение было предъявлено и начальнику горно-спасательной части, чьи действия, по мнению следствия, привели к новым жертвам. За всё время

следствия было проведено более 700 экспертиз, одна из них продолжалась 2,5 года.

В сентябре 2016 года связи с истечением сроков давности суд прекратил уголовное преследование инспектора Ростехнадзора Веремеенко.

В декабре 2018 года суд по тем же основаниям прекратил дело в отношении еще трех фигурантов – начальника смены Белова, главного инженера Дружинина, руководителя службы вентиляции и дегазации Вальца. В феврале 2019 года подсудимых стало еще на трое меньше – дело в отношении бывшего командира военизированного горноспасательного отряда Александра Апалькова и начальника участка вентиляции и техники безопасности Вячеслава Радцева прекратили также в связи истечением сроков давности, дело же экс-директора шахты Игоря Волкова — в связи с его смертью.

8 апреля 2020 года дело было закрыто по причине истечения срока давности. Последний фигурант дела, бывший технический директор Анатолий Рыжов, был освобождён от уголовной ответственности.

0 мая 2010 года в ходе видеоконференции со спасателями президент РФ Д. А. Медведев охарактеризовал ситуацию на шахте как сверхтяжёлую[11].

11 мая председатель правительства России В. В. Путин прибыл в Кемеровскую область для участия в работе штаба спасательной операции.

13 мая Ростехнадзор начал внеплановые проверки всех российских шахт в связи с аварией на «Распадской».

4.2.4. Аварии танкеров в Керченском проливе

15 декабря в Керченском проливе потерпели крушение сразу два танкера — «Волгонефть-212» и «Волгонефть-239». Оба танкера были разломаны на две части. В точных причинах аварии сейчас разбираются компетентные органы. На момент аварии на борту двух судов находился груз — более 8,5 тыс. тонн мазута. Часть топлива в результате аварии попала в воду. погиб.

По информации старшего механика потерпевшего крушение танкера «Волгонефть-212» Алексеем Татариновым, который в момент аварии находился на судне, события развивались следующим образом.

17 ноября 2024 г. судно с грузом под проводкой лоцмана вышло из порта Ростова-на-Дону в Азовское море. На следующий день мы встали на якорь в Азовском море, где 19 ноября судно осмотрели сотрудники Пограничной службы ФСБ России. 20 ноября мы получили разрешение для следования в южную часть Керченского пролива для выгрузки мазута на судно-накопитель.

Далее мы стояли в ожидании накопителя. Компания-грузоотправитель заверила нас, что выгрузка пройдет до 25 ноября, чего так и не случилось. Продолжили заверять, что вот-вот вызовут. Говорили стоять и ждать.

Рисунок 1.22 – Танкер «Волгонефть 212»

С 26 ноября судовладелец начал процедуру получения разрешения на разовый переход в порт на реке Дон для зимнего отстоя, так как 30 ноября у нас заканчивалось разрешение на пребывание в море, мы должны были следовать в реку.

Утром 2 декабря мы узнали от службы управления движением судов (СУДС), что нас включили в график движения по Керченскому проливу. 3 декабря к нам прибыл лоцман из капитании, и мы проследовали в составе каравана под проводкой лоцмана в южную часть Керченского пролива. По

указанию СУДС морского порта «Кавказ» мы встали на якорь в ожидании очереди на подход к судну-накопителю для выгрузки.

Мы удивились, так как нам по сезонному району плавания перемещаться в акваториях портов было нельзя, а тем более находиться в море. Но с нами в это же время находилось более двух десятков судов такого же класса, мы выполнили распоряжения диспетчеров движения. В морских портах распоряжения капитании является обязательным к исполнению.

Далее накопитель сказал ожидать вызова. Так мы простояли до 12 декабря.

12 декабря из-за неблагоприятного прогноза и усиления ветров северного направления, мы снялись с якоря и проследовали в более безопасное место якорной стоянки в районе посёлка Янтарный. Этим укрытием пользуются после запрета стоянки в укрытии в районе Героевское. 14 декабря поступило штормовое предупреждение, в котором говорилось об усилении ветра. Мы, по согласованию с СУДС морского порта, снялись с якоря и проследовали в район посёлка Заветное — мыса Такиль для укрытия от ветра и волнения под Крымским берегом. Это единственно возможное укрытие при ветрах южного направления, куда можно перейти без лоцманской проводки.

Встать на якорь в планируемом месте в районе посёлка Заветный СУДС морского порта разрешения не дал, мотивируя свой отказ наличием большого количества судов в данном районе. Капитан запросил диспетчера СУДС, чтобы они дали точку якорной стоянки в другом безопасном районе. В ответ от Пограничной службы ФСБ России и СУДС мы получили запрет на движение в район укрытия к мысу Такиль, нам была дана команда встать рядом с судном «Глория». «Волгонефти-239» сказали ориентироваться на нас и встать в районе якорной стоянки № 471Е в ожидании улучшения погодных условий. Погода должна была улучшиться после 16:00 15 декабря.

Утром 15 декабря, примерно в 7:05, ветер и волнение моря начали усиливаться. По указанию капитана судна — Леонида Волегова — в 8:05 команда осмотрела судно, проконтролировала герметичность судовых помещений. Группа под моим руководством произвела обход судна. Примерно

в 8:30 я доложил о том, что все судовые помещения проверены, загерметизированы, протечек не обнаружено, двери закрыты и задраены по-штормовому. Спустя примерно 10 минут — в 8:40 — судно переломилось на две части в районе грузовых танков № 5 и № 6.

Капитан судна начал руководить «борьбой за живучесть» и спасением экипажа. Были извещены СУДС морского порта о том, что «Волгонефть-212» терпит бедствие, запрашивает помощи в спасении экипажа. На судне была сыграна «Общесудовая тревога». Экипаж произвёл действия по герметизации кормовой надстройки и собрался в ходовой рубке в спасательных жилетах. По команде капитана я и второй механик произвели запуск главных двигателей на задний ход. Капитан, работая главными двигателями на задний ход, пытался увести кормовую часть на более мелководный участок, но это не удалось из-за увеличившегося дифферента и выхода гребных винтов из воды.

СУДС морского порта сообщила, что спасение экипажа будет выполняться силами судна-спасателя «Меркурий». На предложение находящегося рядом теплохода «Лидия В», выразившееся в его готовности подойти к нашему борту для спасения экипажа, СУДС морского порта ответил категорическим запретом, подтвердив, что спасением экипажа будет заниматься судно-спасатель «Меркурий», подход которого к месту аварии планируется примерно через один час.

Примерно в 10:30 – 11:00, после нескольких безуспешных попыток подхода судна-спасателя «Меркурий» к борту кормовой части нашего судна, было принято решение подать нам плот «ПСН-10» с «Меркурия» и раскрыть его под нашей кормой для спуска членов экипажа по шторм-трапу в плот.

Однако этого сделать не удалось из-за неисправности плота – он не раскрылся. Примерно в 12:15 началась эвакуация членов экипажа при помощи вертолёта ВМФ России.

На момент начала спасательной операции все члены экипажа были живы и здоровы. Пока кормовая часть оставалась на плаву, были сняты восемь человек, после её ухода под воду ещё троих подняли вертолётами из воды. Одного

удалось поднять на буксир «Меркурий», один погиб в воде. Гибель матроса-моториста Данила Саблина произошла после того, как он покинул судно «Волгонефть-212», при проведении спасательной операции, не по вине капитана Леонида Волегова. 11 ноября 2007 в Керченском проливе уже произошла крупнейшая катастрофа в России. Из-за разыгравшегося шторма здесь утонули четыре сухогруза и танкер.

В море вылилось 3 тыс. тонн мазута, почти 7 тыс. тонн технической серы. Погибли 8 человек.

4.2.5. Анализ человеческого фактора в причинах техногенных аварий

Авария на Саяно-Шушенской ГЭС

Виновными в аварии на Саяно-Шушенской ГЭС были признаны:
бывшие директор филиала ОАО «РусГидро» «Саяно-Шушенская ГЭС им. П. С. Непорожнего» Николай Неволько, главный инженер станции Андрей Митрофанов, его заместители Евгений Шерварли и Геннадий Никитенко, а также работники службы мониторинга оборудования ГЭС Александр Матвиенко, Владимир Белобородов и Александр Клюкач.
По мнению комиссии авария на СШГЭС с многочисленными человеческими жертвами стала следствием целого ряда причин технического, организационного и нормативного правового характера.

Большинство этих причин носит системный многофакторный характер, включая недопустимо низкую ответственность эксплуатационного персонала, недопустимо низкую ответственность и профессионализм руководства станции, а также злоупотребление служебным положением руководством станции.

С позиции учета человеческого фактора основной причиной этой аварии следует считать адаптацию перечисленных выше лиц к обстановке на станции, в результате чего у них были утрачены чувства ответственности и опасности.

Авария с круизным лайнером Costa Concordia

В ночь с 13 на 14 января 2012года капитан круизного лайнера Costa Concordia Франко Скеттино, участвовавший в непрерывной программе модернизации и подготовки кадров и прошедший все тесты соответствия критериям, распорядился отклониться от курса и подвести судно близко к берегу, чтобы сделать приятное главному стюарду, который родом из тех мест, в результате чего судно получило пробоину и затонуло.

Основной причиной такого поведения капитана стала утрата ответственности и чувства опасности в результате адаптации

Авария на шахте «Распадская»

К уголовной ответственности привлечены восемь человек, в том числе технический директор угольной компании Анатолий Рыжов, директор ОАО «Распадская» Игорь Волков, главный инженер Андрей Дружинин, командир Новокузнецкого отдельного военизированного горноспасательного отряда Александр Апальков, инспектора Ростехнадзора Федора Веремеенко.

Этими лицами были допущены нарушения, приведшие к аварии в связи с утерей чувств ответственности и опасности в результате адаптации.

Аварии танкеров в Керченском проливе

Из полученных материалов следует, что произошедшие аварии с танкерами является следствием целого ряда нарушений, допущенных как руководством порта, так и капитанами танкеров. Руководством порта не обеспечило оперативную разгрузку танкеров, в результате чего они длительное время простаивали, при этом нарушив сроки окончания навигации (30 ноября) и не обеспечив безопасность танкеров в случае штормовой погоды. Вина капитанов заключается в том, что они не выполнили требование сроков окончания навигации и тем самым подвергли себя и экипажи риску, который и наступил.

4.3. Человеческий фактор как основной источник аварий

Как следует из представленных выше материалов, человеческий фактор не изучается ни психологией, ни психиатрией как особое явление деятельности центральной нервной системы. Такая ситуация связана с тем, что это не позволяют сделать принципы исследований в биологии и медицине, основанные на наблюдениях и экспериментах.

Однако проблема человеческого фактора как источника аварий и катастроф стоит невероятно остро, особенно в последнее время, когда происходит значительный рост энерговооруженности и связанный с этим риск тяжелых последствий техногенного характера.

Как следует из приведенного выше анализа расследований аварий, в них не учитывается физиологические и психологические особенности человека. в своей совокупности определяемых как человеческий фактор.

Именно поэтому, несмотря на принятие интенсивных многочисленных технических и организационных мер в странах всего мира, направленных на повышение безопасности машин путем совершенствования их конструкций, оснащения специальными устройствами безопасности, а также повышением административной и уголовной ответственности за нарушение правил их эксплуатации, они оказались недостаточно эффективными. В таблице 1.10 представлены данные института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН о значимости человеческого фактора в техногенных авариях.

Как видно из таблицы 1.10, коэффициент значимости человеческого фактора k_N для автомобильного транспорта составляет 0.80 – второе значение после военной авиации, а промышленное и гражданское строительство 0,70 – третье.

Анализ научной литературы в этой области показал следующее.

Таблица 1.10 – Коэффициент k_N значимости человеческого фактора

Области техносферы	k_N
1. Атомная энергетика	0,55
2. Промышленное и гражданское строительство	0,70
3. Ракетно-космическая техника	0,35
4. Военная авиация	0,85
5. Гражданская авиация	0,65
6. Трубопроводный транспорт	0,30
7. Автомобильный транспорт	0,80
8. Технологическое оборудование	0,40

По информации БСЭ, одна из первых попыток раскрыть содержание понятия «Человеческие факторы» была предпринята в 1930 году советским учёным Н. М. Добротворским, хотя сам термин был сформулирован позднее как результат перевода и сокращения выражения «human factors engineering» (буквально — техника человеческих факторов), используемого в США для обозначения как отрасли знаний, так и процесса проектирования систем «человек — машина» с целью обеспечения эффективности, надежности и безопасности деятельности человека (группы людей).

В 1957 в США было образовано Общество человеческих факторов, в 1958 началось издание журнала «Человеческие факторы».

В европейских странах, в том числе в Российской Федерации, для обозначения специальной области знания и сферы профессиональной деятельности, аналогичной той, которую в США называют «Человеческие факторы», принят термин эргономика.

Различают понятия «Человеческие факторы» и «Личный фактор». В отличие от человеческого фактора, понятие «личный фактор» (введённое в связи с изучением ошибочных действий человека, влекущих за собой аварии на производстве и транспорте) включает индивидуальные характеристики человека безотносительно к характеристикам технических средств, с которыми он взаимодействует. Человеческие факторы — сравнительно новое понятие,

возникшее в связи с изучением и проектированием систем «человек - машина» как функционального целого.

В настоящее время термин «человеческий фактор», благодаря неоднозначности его определения, широко используется учеными и специалистами применительно к самым разным случаям: при разработке условий жизнедеятельности человека, в исследованиях рисков из-за ошибочных решений человека в экономике, политике, производстве, при конструировании рабочих мест машин и других сферах человеческой деятельности.

Учёт человеческого фактора является неотъемлемой частью проектирования, создания и эксплуатации машин и технических систем, необходимым условием повышения производительности труда и качества продукции.

Наиболее полно такой учёт осуществляется при проектировании деятельности человека в системах «человек - машина».

Проектирование конкретного вида деятельности предусматривает исследование внутренних средств деятельности человека (его опыта, знаний, навыков, восприятия, мышления, памяти и т.д.) и согласование их с внешними средствами (документами, алгоритмами, инструментами, органами ручного управления и т.д.) в соответствии с основной целью функционирования создаваемой системы.

На основе разработанного проекта формируют требования к техническим средствам системы, которые используются человеком для осуществления этого вида деятельности.

Как видно из представленных материалов, несмотря на широкое применение термина «человеческий фактор», его точное содержание до сих пор не определено.

В связи с этим в настоящей работе под термином «человеческий фактор» понимаются осознанные или случайные ошибочные решения или действия человека, вызванные особенностями его биологической природы и условиями его взаимодействия с внешней средой.

Проблема человеческого фактора существует в связи с тем, что организм человека, который непосредственно в той или иной степени участвует в решении тех или иных задач в различных областях человеческой деятельности, благодаря своей биологической природе обладает целым рядом специфических свойств, как полезных, так и вредных.

К полезным следует отнести такие свойства, как фенотипическая адаптация, обучаемость, приобретение новых навыков, изобретательность, изменение физических параметров, концентрация внимания и т. д.

К вредным следует отнести такие свойства, как быстрое накопление усталости, случайная кратковременная или долговременная потеря информации, совершение случайных ошибок, ошибочная оценка, нераспознавание или непонимание поступающей информации, принятие заведомо неправильных и непредсказуемых решений, совершение заведомо неправильных и непредсказуемых действий и т.д. Именно в результате перечисленных свойств организма человека и происходят, несмотря на наличие большого числа различных нормативных документов и инструкций, несчастные случаи, аварии и катастрофы.

Часть 2

Пути решение проблем безопасности с позиции физики

1. Активные и пассивные термодинамические системы

Весь окружающий нас макроскопический мир представляет собой бесконечное множество материальных систем, находящихся в непрерывном движении. Благодаря гравитационным, электрическим и магнитным полям эти системы непрерывно воздействуют друг на друга. При этом непрерывно изменяется их масса, направление и скорость движения, температура, агрегатное состояние и практически все остальные параметры.

Таким образом, все материальные системы всегда находятся в неравновесном состоянии, которое непрерывно и необратимо изменяется.

Изучением этих состояний как термодинамических систем занимается сравнительно молодая наука — термодинамика, возникшая в середине XIX века в связи с изобретением паровых машин.

В современном определении термодинамическая система является условным понятием.

Она трактуется как некоторая, произвольно выбранная совокупность макроскопических материальных тел, которые взаимодействуют как между собой, так и с другими материальными системами.

При этом внутри термодинамических систем также могут происходить термодинамические процессы, связанные с их внутренним неравновесным состоянием.

Таким образом, состояние любой термодинамической системы может быть определено в виде дифференциального уравнения:

$$f(t) = \frac{dW}{dt} \neq 0, \tag{2.1}$$

где W — полная энергия термодинамической системы.

В свою очередь, непрерывное изменение массы, направления и скорости движения, температуры, агрегатного состояния, химических свойств и всех остальных параметров под действием изменений свойств окружающей среды является ничем иным, как самоорганизацией материи. Этот процесс можно выразить в виде уравнения

$$N(t) = \sum \frac{dx_1}{dt}, \frac{dx_2}{dt}, \ldots \frac{dx_n}{dt}, \tag{2.2}$$

где N — обобщенный параметр состояния термодинамической системы, характеризующийся n параметрами x_1 , x_2 , … x_n , меняющимися во времени в соответствии с функциями: $x_1 = f_1(t)$, $x_2 = f_2(t)$, … $x_n = f_n(t)$, под действием параметров внешней среды, имеющими самую разную природу, единицы измерения, величины, а также самую разную закономерность изменений во времени. Энергию системы (W) можно представить как совокупность двух частей: зависящую от движения и положения системы как целого (W_c) и не зависящую от этих факторов (U).

$$W = W_c + U \tag{2.3}$$

Вторую составляющую этой совокупности U называют внутренней энергией системы. Она включает энергию теплового движения частиц, а также химическую и ядерную энергию, определяющую поступательное, колебательное

и вращательное движение молекул, внутримолекулярное взаимодействие и колебание атомов, энергию вращения электронов. Внутренняя энергия, в свою очередь, разделяется на свободную энергию и связанную энергию. Свободная энергия (G) — та часть внутренней энергии, которая может быть использована для совершения работы. Связанная энергия ($W_{св}$) — та часть энергии, которую нельзя превратить в работу.

$$U=G + W_{св}. \quad (2.4)$$

В термодинамических системах, в которых имеются градиенты температуры, концентраций компонентов, химических потенциалов, возникают необратимые процессы теплопроводности, диффузии, химических реакций. Эти процессы характеризуются тепловыми и диффузионными потоками, скоростями химических реакций и т. д. Они называются общим термином «потоки» и обозначаются Ji , а вызывающие их причины (отклонения термодинамических параметров от равновесных значений) — термодинамическими силами ($X_к$). Связь между J_i и $X_к$, если термодинамические силы малы, записывают в виде линейных уравнений:

$$J_i = \sum_{k=1}^{m} L_m X_k, \quad (2.5)$$

где $i = 1, 2, \ldots, m$.

Связь между J_i и $X_к$, если термодинамические силы велики, носит нелинейный характер, о чем будет указано ниже. В термодинамической системе могут происходить два вида термодинамических процессов:

1) Перераспределение имеющейся энергии.

2) Преобразование одного вида энергии в другой. Системы с первым видом термодинамических процессов называются пассивные, вторые — активные.

Рассмотрим основные термодинамические свойства этих процессов.

Если между двумя некоторыми термодинамическими системами I и II существует градиент температур, то, в соответствии с 1-м началом термодинамики, между ними возникнет поток энергии, направленных от более нагретой системы к менее нагретой.

При установившемся термодинамическом процессе, например между бесконечно большими термодинамическими системами, состояние которых практически не зависит от времени, он может быть описан уравнением теплопроводности Фурье:

$$J_q = -k \cdot \mathrm{grad} T(x), \tag{2.6}$$

где J_q — вектор потока тепла — количество энергии, проходящей через единицу площади (плотность потока энергии) в единицу времени, перпендикулярной оси x, k — коэффициент теплопроводности, T — температура.

В случае неустановившегося термодинамического процесса, при котором термодинамические системы I и II с начальными температурами соответственно T_1 и T_2, обмениваются между собой тепловой энергией, и при этом температура указанных систем соответственно меняется, этот процесс может быть описан уравнением

$$J = f(T) = \frac{-k(T_1 - T_2}{t} \to 0 \tag{2.7}$$

Отсюда

$$t = \frac{-k(T_1 - T_2}{J} \to \infty. \tag{2.8}$$

Из (8) следует:

1) макрообъекты термодинамических систем непрерывно стремятся к термодинамическому равновесию, но никогда его не достигают;

2) термодинамические системы, между которыми происходит обмен энергией, всегда находятся в неустойчивом неравновесном термодинамическом состоянии.

Таким образом, тепловая энергия каждой из указанных двух термодинамических систем может быть представлена в виде:

$$Q(t) = Q_{lim} \pm \Delta Q(t), \qquad (2.9)$$

где Q_{lim} — величина тепловой энергии равновесного состояния термодинамической системы, к которой она стремится, ΔQ (t) — остаточная тепловая энергия неравновесного состояния термодинамической системы, участвующая в обмене энергией.

Однако хорошо известны термодинамические системы, в которых, в отличие от приведенных выше, происходит не обмен энергией, а преобразование одних видов энергии в другие. К таким системам можно отнести системы, в которых происходят химические реакции, различные виды двигателей: тепловые, внутреннего сгорания, электрические и другие, а также живые организмы.

В соответствии со 2-м началом термодинамики в установившемся процессе функционирования этих термодинамических систем их работа сопровождается постоянным выделением либо поглощением тепловой энергии. При этом внутренняя тепловая энергия этих систем не меняется:

$$Q_{\text{с ср.вн}} = \text{const}, \qquad (2.10)$$

а их термодинамическое состояние можно определить как неравновесное устойчивое:

$$W = Q_{\text{ср.вн}} + W_k + Q_T, \tag{2.11}$$

где $W_к$ — преобразуемая энергия, Q_T — тепловая энергия, выделяемая в окружающую среду.

Таким образом, указанные системы в процессе их функционирования всегда находятся в устойчивом неравновесном термодинамическом состоянии. Как в пассивной, так и в активной термодинамических системах полная энергия термодинамической системы представляет собой сумму внутренней кинетической энергии движения всех тел, входящих в систему, потенциальной энергии взаимодействия их между собой и энергии, содержащейся внутри тел системы (в полную энергию термодинамических систем не входят кинетические и потенциальные энергии по отношению к другим термодинамическим системам).

Поскольку одним из основных параметров термодинамических систем считается энтропия, рассмотрим ее поведение для пассивных и активных термодинамических систем. Понятие энтропии впервые было введено Клаузиусом в термодинамике в 1865 году для определения меры необратимого рассеивания энергии. По определению Клаузиуса,

$$ds = \frac{\delta Q}{T}, \tag{2.12}$$

где ds — приращение энтропии, δQ — минимальная теплота, подведенная к системе, T — абсолютная температура процесса.

Здесь величина Q/T называется приведенным количеством теплоты, которое численно равно количеству теплоты, полученной системой, при абсолютной температуре T, деленной на эту температуру.

Однако определение энтропии, предложенное Клаузиусом, содержит определенные пртиворечия. Как видно из приведенной формулы, в ней идет речь об изменении энтропии — ds, а не об ее абсолютном значении s, так как

термодинамическая энтропия, так же как и потенциальная энергия, определяется с точностью до произвольной постоянной. Это связано с тем, что формула (9) не позволяет определить абсолютное значение термодинамической энтропии, а дает только разность энтропий для двух равновесных состояний, как суммарную приведенную теплоту в обратимом термодинамическом процессе, переводящим систему из одного состояния в другое. Кроме того, при подведении к термодинамической системе тепла обязательно должна измениться и ее температура. Связь между количеством тепловой энергии и температуры определяется хорошо известным линейным уравнением

$$C = \frac{\delta Q}{\delta T}, \tag{2.13}$$

,

где *C* — теплоемкость тела.

Причем здесь необходимо отметить, что в реальных физических процессах температура Т остается постоянной при изменении энергии тела только при фазовых переходах и изотермических процессах и именно в этих случаях она находит практическое применение, причем не сама энтропия, а удельная энтропия, определяемая как Дж/кг·К. В поисках физического смысла энтропии Д. Гиббсом и Л. Больцманом в 1975 г. была установлена связь между термодинамической вероятностью состояния системы и ее энтропией:

$$S = f(W_r). \tag{2.14}$$

В 1877 году Людвиг Больцман публикует Н-теорему и предлагает новую трактовку энтропии и второго начала термодинамики. Он предложил связать понимание энтропии с вероятностью состояния тела. Эта связь в виде формулы была представлена Максом Планком:

$$S = k \cdot \ln(\Omega), \tag{2.15}$$

где: Ω — статистический вес состояния, k — постоянная Больцмана. Ω — статистический вес состояния, является числом возможных микросостояний (способов), с помощью которых можно перейти в данное макроскопическое состояние.

Этот постулат, названный Альбертом Эйнштейном принципом Больцмана, положил начало статистической механике, которая описывает термодинамические системы, используя статистическое поведение составляющих их компонентов. Принцип Больцмана связывает микроскопические свойства системы (Ω) с одним из её термодинамических свойств (S). Несмотря на более чем столетний период обсуждения физического смысла энтропии, до настоящего времени не найдено достаточно обоснованных общепринятых предложений по этой проблеме

Проблема количественной оценки термодинамических процессов, происходящих в телах, находящихся в неравновесном термодинамическом состоянии, стремящихся к термодинамическому равновесию, продолжает оставаться весьма актуальной. В частности, для количественной оценки полного мгновенного термодинамического состояния системы целесообразно рассматривать такие параметры системы, как отношение разности энергии тела W при равновесном состоянии и неравновесной энергии W_n к энергии W:

$$S = \frac{W - W_n}{W}, \tag{2.16}$$

где S – безразмерный коэффициент термодинамического неравновесия системы, характеризующий ее мгновенное неравновесное термодинамическое состояние в любой момент времени. При этом мгновенная скорость v_s стремления термодинамической системы к равновесию определится как

$$v_s = \frac{dS}{dt} = \frac{1}{W} \cdot \frac{dW_n}{dt}. \tag{2.17}$$

Таким образом, при анализе свойств термодинамической системы, в связи с непрерывным изменением ее состояния, с помощью коэффициента термодинамического неравновесия могут быть определены мгновенные параметры либо динамические характеристики изменения ее состояния за некоторый ограниченный период времени. В свою очередь И.Р. Пригожин рассматривал энтропию как меру беспорядка. Он сформулировал теорему, в соответствии с которой при стремлении термодинамической системы к термодинамическому равновесию производство энтропии стремится к нулю (теорема Пригожина). Анализируя это свойство термодинамической системы при рассмотрении коэффициента термодинамического неравновесия, нетрудно убедиться, что, как следует из формулы (17), если $dW_n \rightarrow 0$, то $v_S \rightarrow 0$, чем полностью подтверждается теорема Пригожина.

2. Анализ природы теплового излучения

Свойство теплового излучения и поглощения материальных тел давно известно и считается одним из фундаментальных свойств материального мира.

Исследованиям этого явления посвящены работы многих ученых, включая Х. Лоренца, М. Планка, Д. Максвелла, И. Пригожина, Л. Ландау и многих других.

К настоящему времени установлено, что тепловое излучение представляет собой генерацию электромагнитных волн в широком диапазоне частот со сплошным спектром, в отличие от излучений, сопровождающих переходы электронов с одной энергетической орбиты на другую, при этом выделяющих либо поглощающих кванты энергии на определенных частотах.

В соответствии с современными представлениями электромагнитное поле представляет собой пространство, содержащее электрически заряженные тела, дистанционно или непосредственно взаимодействующие как между собой, а

также с телами, имеющими собственные дипольные и мультипольные электрические и магнитные моменты.

Однако, вопреки этому, процессы теплового излучения и поглощения электромагнитных волн происходят у всех тел, независимо от их электромагнитных свойств.

В соответствии с современной классификацией термодинамические системы по происходящих в них процессам разделяются на пассивные, в которых происходит перераспределение энергии, стремящихся к равновесному состоянию, но никогда его не достигающие, и активные, в которых происходит преобразование одного вида энергии в другой, стремящиеся к неравновесному состоянию. Таким образом, все тела материального мира находятся в неравновесном состоянии.

Для макросистем – материальных тел, формирующихся из систем в основном электрически нейтральных атомов и молекул, основными силами, обеспечивающих их неравновесное термодинамическое состояние, являются силы гравитации – свойство тел материальное мира притягиваться друг к другу посредством бесконечных полей гравитации, которые формируются всеми материальными телами. При этом сила притяжения между двумя телами подчиняется следующему закону всемирного тяготения Ньютона:

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}, \tag{2.18}$$

где F – сила притяжения, m_1 и m_2 – массы взаимодействующих тел, r – расстояние между ними, γ – гравитационная постоянная.

Силы гравитации в результате их бесконечности влияют одновременно на вообще все тела, в результате чего эти тела всегда находятся в неравновесном состоянии, так как они не могут быть в равновесии одновременно со всеми, и поэтому непрерывно перемещаются в пространстве в результате мгновенного

воздействия суммарных сил гравитации, одновременно поступающих от всех тел.

Рассматривая тела на атомном уровне, отметим, что у всех атомов, как известно, состоящих из ядра, содержащего позитроны, нейтроны, протоны и другие частицы, и вращающихся вокруг них электронов, основными силами взаимодействия являются электрические заряды, имеющие знак + у позитронов и знак – у электронов. Причем позитроны и электроны, как содержащие разные знаки, притягиваются друг к другу, а позитроны, как и электроны, между собой отталкиваются, как имеющие одинаковые знаки.

Закономерность взаимодействия этих частиц подчиняется закону Кулона:

$$F = k_e \frac{q_1 q_2}{r^2}, \tag{2.19}$$

где F сила взаимодействия, q_1 и q_2 – величины зарядов взаимодействующих частиц, r – расстояние между зарядами, k_e – электростатическая константа.

Силы взаимодействия в ядре между позитронами, нейтронами, протонами и другими частицами определены как сильное взаимодействие. К настоящему времени известен целый ряд параметров этих сил, однако их природа пока не установлена.

Электрические силы взаимодействия зарядов электронов и позитронов, формирующих бесконечные электрические поля, также обеспечивают неравновесное термодинамическое состояние атомов и молекул.

Это состояние обеспечивается структурой атомов.

На рисунке 2.1 показан пример структуры атома.

Как видно из рисунка 2.1, атом содержит положительно заряженное ядро и отрицательно заряженные условные энергетические электронные слои (электронную оболочку), определенные статистико-вероятностными методами квантовой механики, на которых расположены электроны в соответствии с их

энергетическими потенциалами, количество которых и занимаемые слои определяются величиной положительного заряда ядра.

Геометрические размеры некоторых атомов и их ядер представлены в таблице 2.1.

Рисунок 2.1 – Структура атома

Таблица 2.1 – Параметры атомов ряда веществ

Параметр	Значение, м
Радиус атома гелия	$1.050 \cdot 10^{-10}$
Радиус ядра атома гелия	$2 \cdot 10^{-13}$
Радиус атома урана	$1.5 \cdot 10^{-10}$
Радиус ядра атома урана	$8.5 \cdot 10^{-13}$

Как видно из таблицы 2.1, радиусы атомов (электронных оболочек) и их ядер значительно различаются. Таким образом, взаимодействие между ядром и электронами посредством электрических полей происходит на значительном расстоянии. Причина этого явления до сих пор не установлена.

При сближении атомов расстояние между их электронными оболочками r_e становится значительно меньше расстояний между ядрами, как это видно из рисунка .2.2.

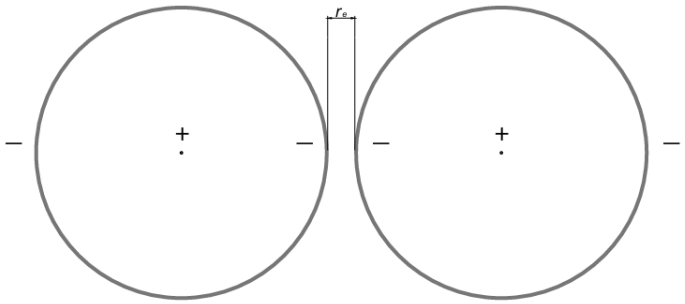


Рисунок 2.2 – Сближение атомов

Также как видно из рисунка 2, при сближении атомов расстояние между их электронными оболочками становится близким нулю, в результате чего сила взаимодействия между электронами возрастает, благодаря их незначительной массе они перемещаются под действием этих сил, в результате чего напряженность электрического поля в зоне этих оболочек значительно возрастает. В то же время перемещение ядер сравнительно незначительно из-за их большой массы.

Таким образом, при столкновении атомов в результате различных масс электронов и ядер, а также их пространственной структуры возникает пространственный локальный дисбаланс положительных и отрицательных электрических полей атомов, при котором электрические поля электронных оболочек значительно сильнее электрических полей ядер, которыми формируются силы отталкивания сближающихся и расходящихся атомов.

При торможении сближающихся атомов происходит преобразование кинетической энергии атомов в энергию взаимодействующих отрицательных электрических полей электронных оболочек, формирующих увеличивающиеся силы отталкивания, и сопровождаемую при этом генерацией электромагнитных волн, вызванных движением электронов в электрическом поле, которая наблюдается в виде тепловых излучений.

В результате совместного математического анализа уравнений (1) и (2) была получена закономерность изменений напряженности электрического поля E при столкновении атомов от времени t:

$$E = \frac{\mathrm{j}}{t^2}, \qquad (2.20)$$

где j – коэффициент, зависящий от условий столкновения атомов.

На рисунке 2.3 показана закономерность изменения напряженности электрического поля E при сближении и расхождении электронных оболочек (кривая 1) и закономерность преобразования энергии E_e в электромагнитные волны (кривая 2).

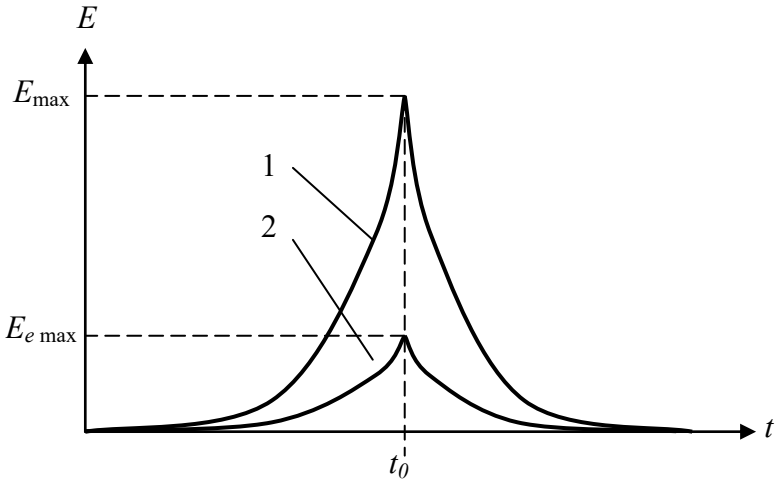


Рисунок 2.3 - Зависимость напряженности электрического поля E и преобразуемой в электромагнитное поле E_e от времени t при процессе «столкновении» атомов

Как видно из рисунка 2.3, напряженности электрических полей E и E_e максимально возрастают при минимальном расстоянии между электронными оболочками при процессе «столкновения» атомов.

На рисунке 2.4 показаны процессы преобразования кинетической энергии в энергию электрического поля и обратно при «столкновении» атомов ($t = t_0$) при условиях наличия внешних электрических полей, по напряженности равных, меньших или больших создаваемому атомами в процессе «столкновения».

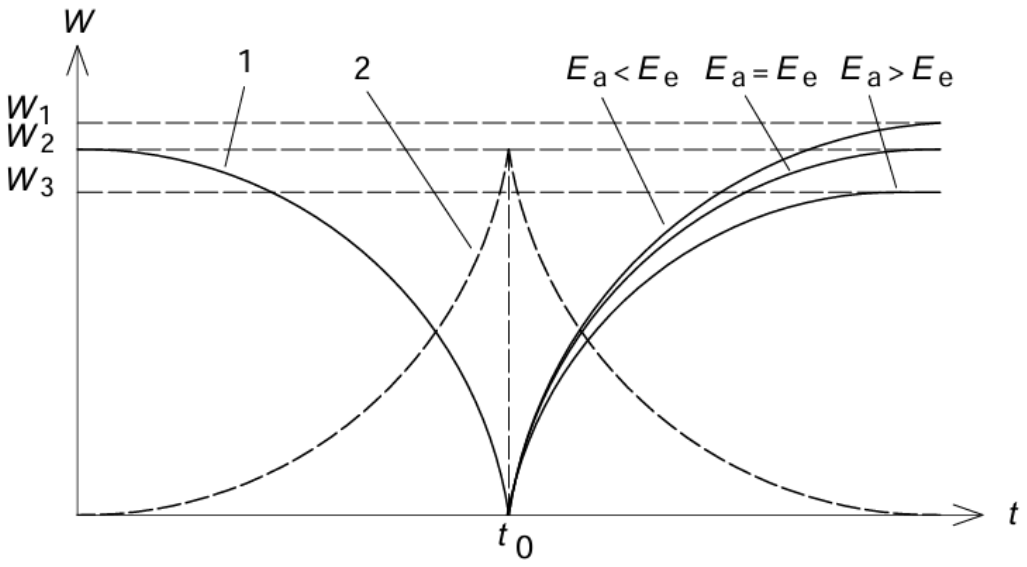


Рисунок 2.4 – Процессы преобразования энергии при «столкновении» атомов

На рисунке 2.4 представлены графики процессов преобразования кинетической энергии атомов (кривая 1) в энергию электрического поля (кривая 2) при фазах сближения атомов ($t < t_0$) до «столкновения», в момент столкновения ($t = t_0$) и расхождения атомов ($t > t_0$) после столкновения в условиях разных напряженностей внешних электрических полей E_e относительно напряженности электрического поля, создаваемого при столкновении атомов E_a.

Как видно из графиков, при $E_a < E_e$, за счет взаимодействия полей суммарный уровень напряженности электрического поля повышается, в результате чего повышается и кинетическая энергия атомов. На графике - W_1. При $E_a = E_e$ кинетическая энергия атомов сохраняется. На графике - W_2. При $E_a > E_e$ кинетическая энергия атомов уменьшается. На графике – W_3.

Поскольку изменение кинетической энергии атомов сопряжено с преобразованиями электрической энергии в электромагнитную энергию, последняя предположительно и является тепловым излучением. Причем при $E_a < E_e$ происходит нагрев тела, при $E_a > E_e$ – охлаждение.

3. Термодинамические принципы функционирования живых организмов

3.1. Общие сведения о фотосинтезе и хемосинтезе

Для обеспечения жизнедеятельности всем живым организмам требуется энергия.

В настоящее время известно два способа получения энергии живыми организмами:

1. Путем фотосинтеза, осуществляемого растениями с помощью молекул хлорофилла, которые преобразуют лучистую энергию Солнца в химическую энергию.

Тем самым они обеспечивают работу многочисленных фотофизических, фотохимических, биохимических и иных процессов, происходящих в их клетках.

2. Путем хемосинтеза - окислений неорганических соединений, осуществляемых некоторыми бактериями, при которых выделяемая энергия так же обеспечивает работу указанных выше процессов.

3.1.1. Фотосинтез

В области фотосинтеза первые работы были выполнены в XVII веке голландским естествоиспытателем, врачом и теософом-мистиком Ван Гельмонтом, который установил, что почва не является источником материала для построения растущего дерева.

В 1771 г. английский ученый Джозеф Пристли сделал следующее открытие: он заметил, что зеленые растения на свету продолжают жить в атмосфере CO_2 и даже делают его пригодным для дыхания.

В течение последующих лет серьезные работы по фотосинтезу не велись, и возобновились лишь в 1905 году, когда известный английский физиолог

растений Фредерик Блэкман установил новые законы, по которым проходят процессы фотосинтеза. Он показал, что фотосинтез начинается уже при слабом освещении, а также то, что скорость фотосинтеза пропорциональна величине светового потока до определенного значения. Кроме того, Блэкманом была установлена зависимость скорости фотосинтеза от температуры.

На основании этих экспериментов Блэкман сделал вывод, что происходят два процесса, один из которых в значительной степени зависит от уровня освещения, но не зависит от температуры, а второй зависит от температуры и не зависит от уровня света.

В результате дальнейших исследований, в 1932 году, американскими биохимиками Р. Эмерсоном и В. Арнольдом было установлено, что темновая стадия во много раз длительнее световой.

Ученые пытались объяснить это тем, что во время световой вспышки растение запасает энергию, которая необходима для успешного хода каких-то темновых процессов, видимо, связанных с фиксацией в растении углекислого газа.

Этот последний процесс (в отличие от светового) идет медленно, и, пока он не завершится, бесполезно вводить в растение новые порции световой энергии. Позже, в 1954 году, американский биохимик Даниел Исраэл Арнон открыл процесс фотосинтетического фосфорилирования, при котором растениями синтезируется аденозинтрифосфат (АТФ), содержащий в себе большое количество энергии, которая затем может быть использована в результате его расщепления путем гидролиза. Структура АТФ показана на рисунке 2.5.

Как видно из рисунка 2.5, АТФ состоит из трех фосфатных групп, остатков азотистого основания (аденина) и остатка сахара (рибозы).

При разрыве фосфоангидридных и фосфоэфирной связей выделяется энергия. Фосфатные группы могут быть постадийно отщеплены путем растворения в воде (гидролиза) и образования ортофосфата или неорганического

фосфата и аденозиндифосфата АДФ, а после расщепления АДФ и аденозинмонофосфата с выделением энергии на каждой стадии:

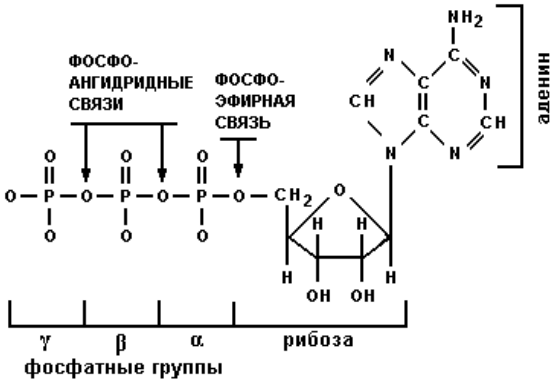


Рисунок 2.5 - Структура АТФ

$$АТФ+H_2O \rightarrow АДФ+Ф_н+H^+ + \Delta G = -30 \text{ кДж/моль}$$

$$АДФ+H_2O \rightarrow АМФ+Ф_н+H^+ + \Delta G = -30 \text{ кДж/моль}$$

$$ФМФ+H_2O \rightarrow аденазин+Ф_н+\Delta G = -13 \text{ кДжмоль}$$

Здесь: $Ф_н$ - неорганический фосфат; H^+ - положительный ион водорода; ΔG - изменение свободной энергии, выделяемой при отрыве концевой фосфатной группы. Обычно клетки извлекают энергию из АТФ во время клеточного дыхания, отщепляя от его молекулы только одну фосфатную группу.

На рисунке 2.6 приведен пример упрощенного графика циклов синтеза-расщепления АТФ.

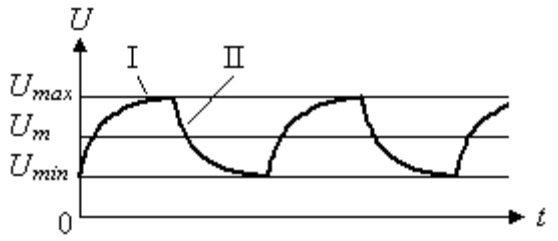


Рисунок 2.6 – Упрощенный график синтеза-расщепления АТФ.

U - количество АТФ в клетке;

I – процесс синтеза; П – процесс расщепления.

Как видно из графика на рисунке 2.6, изображенные на нем процессы синтеза АТФ (кривая I), и расщепления АТФ (кривая II) представляют собой непрерывную последовательность циклов, причем оба процесса протекают по законам, близким к экспонентам.

Верхние и нижние границы концентрации биохимических веществ U_{max} и U_{min} определяются положительной и отрицательной обратными связями, имеющимися в клетках, о которых будет указано ниже.

Дальнейшие исследования проблем фотосинтеза в основном были направлены на изучение многочисленных узких вопросов в биофизических и биохимических процессах, происходящих в клетках растений. В их числе изучение молекулярных механизмов биологического использования солнечной энергии, практического использования закономерностей соотношений длительностей темных и светлых стадий для повышения урожайности сельскохозяйственных культур и других целей.

В частности, российским ученым А.А. Красновским были предложены оригинальные модели фотосинтеза, основанные на сопряженном действии изолированных пигментов, неорганических фотокатализаторов и ферментных систем бактериальной клетки.

Кроме того, им были проведены всесторонние исследования эволюции фотосинтеза и путей биологического использования солнечной энергии.

Таким образом, несмотря на большое внимание ученых к проблеме фотосинтеза, она из-за сложности протекающих процессов до конца не изучена, а установлены лишь определенные этапы, из которых два можно считать наиболее существенными:

1. Процесс фотосинтеза происходит в виде двух стадий: световой и темновой;

2. Конечным результатом фотосинтеза является аденозинтрифосфат (АТФ), обеспечивающий хранение и выделение больших количеств энергии.

3.1.2. Хемосинтез

Хемосинтез (хемолитоавтотрофия) - тип питания, свойственный некоторым бактериям, способным усваивать CO_2 как единственный источник углерода за счёт энергии окисления неорганических соединений, был открыт в 1887 году С.Н. Виноградским.

Сущностью этого процесса является то, что необходимая для жизни энергия выделяется в результате различных окислительно-восстановительных реакций.

Это открытие в значительной степени изменило представление ученых об обмене веществ, происходящих в живых организмах.

Для получения энергии путем окислительно-восстановительных реакций бактериями окисляется водород, окись углерода, восстановленные соединения серы, железо, аммиак, нитриты, сурьма и другие вещества.

Наиболее многочисленной группой хемосинтезирующих организмов являются водородные бактерии. Биосинтез органических соединений при хемосинтезе осуществляется точно так же, как и при фотосинтезе, конечным результатом которого является АТФ. Другие живые организмы получают АТФ уже из растений, используя их в качестве продуктов питания.

Поэтому основными биохимическими реакциями, происходящими в живых организмах, следует считать те, которые направлены на обеспечение организма необходимой энергией, то есть синтез и расщепление АТФ.

3.2. Первый закон термодинамики биологических систем (Э.С. Бауэра)

Наряду с теоретическими работами физиков над проблемами законов термодинамики, этой же проблемой, но применительно к биологии, в начале 20-

го века занимался венгерско-российский ученый, биолог-теоретик Эрвин Симонович Бауэр.

В то время биология как наука еще не была достаточно развита. Еще не был известен состав клеток и их основные функции, и было общепринятым считать, что жизнь - это некоторое вещество с особыми свойствами.

В микроскоп живое вещество различных живых организмов выглядело практически одинаково в виде клеток с желеобразной массой (которая получила название протоплазма).

Основная задача, которую поставил перед собой Э.Бауэр – определить основные термодинамические свойства живых веществ, за которые он принимал молекулы белков в особом, неравновесном состоянии.

Несмотря на целый ряд ошибочных предположений, принципиальным научным достижением Э. Бауэра в этой работе является неопровержимое доказательство того, что живые организмы могут находиться только в устойчивом неравновесном термодинамическом состоянии. Э.Бауэром был сформулирован «Всеобщий закон биологии» в следующей редакции:

> *«Все и только живые системы никогда не бывают в равновесии и исполняют за счет своей свободной энергии постоянную работу против равновесия, требуемого законами физики и химии при существующих внешних условиях».*

По существу, этот закон является Первым законом термодинамики биологических систем.

Э. Бауэром также был сформулирован «Принцип устойчивого неравновесия живых систем»:

«Для живых систем характерно именно то, что они за счет своей свободной энергии производят работу против ожидаемого равновесия».

Позже теория Э.Бауэра была полностью подтверждена работами И. Пригожина, Г. Хакена и Р. Тома.

Как утверждал И. Пригожин: «…и биосфера в целом, и ее различные компоненты, живые или неживые, существуют в сильно неравновесных условиях». В этом смысле жизнь, заведомо укладывающаяся в рамки естественного порядка, предстает перед нами как высшее про-явление происходящих в природе процессов самоорганизации».

3.3. Биологические ритмы как способ существования живой материи

3.3.1. Историческая справка

О существовании биологических ритмов людям известно с древних времен. Уже в «Ветхом Завете» даны точные указания о правильном образе жизни, питании, чередовании фаз активности и отдыха и ряд других рекомендаций. Об этом писали многие выдающиеся ученые древности: Гиппократ, Авиценна и другие.

Основателем хронобиологии – науки о биоритмах, принято считать немецкого врача Христофора Вильяма Гуфелянда.

В 1797 году он привлек внимание коллег на универсальность ритмических процессов в биологии: каждый день жизнь повторяется в определенных ритмах, а суточный цикл, связанный с вращением Земли вокруг своей оси, регулирует жизнедеятельность всего живого, включая организм человека.

Первые серьезные научные исследования в этой области начали проводиться учеными разных стран лишь в начале 20-го века, в том числе российскими учеными И.П. Павловым, В.В. Вернадским, А.Л. Чижевским и другими.

К концу 20-го века факт ритмичности биологических процессов живых организмов стал считаться одним из фундаментальных свойств живой материи и сущностью организации жизни.

Однако природа биоритмов до последнего времени была неясна.

Как бывает в таких случаях, исследования биоритмов представляли собой процесс накопления информации, выявления свойств и закономерностей методами статистики, рассматривались вопросы практического использования.

В результате в науке о биоритмах возникло два научных направления: хронобиология и хрономедицина.

Одной из основных работ в этой области можно считать разработанную Ф. Хальбергом в 1964 году классификацию биологических ритмов.

В соответствии с этой классификацией все биоритмы подразделяются следующим образом:

- ультрадианные ритмы с периодом меньше 20 часов;

- циркадианные - с периодом 24±4 часов;

- инфрадианные - с периодом больше 28 часов.

Среди последних следует выделять:

- циркасемисептанные ритмы с периодом примерно 3±0,5 сут;
- циркасептанные ритмы с периодом 7±3 сут.;
- циркадисептанные - с периодом 14±3 сут.;
- циркавигинтанные - с периодом 21±3 сут.;
- циркатригинтанные - с периодом 30±5 сут.;
- цирканнуальные - с периодом 1 год ± 2 месяца

Ниже будет показано, что количество биоритмов на самом деле значительно больше.

Каждая клетка, каждый орган, каждая система и целостный организм имеют множество различных биоритмов, связанных с самыми разнообразными циклами обмена веществ, объединенных общим термином - метаболизм.

По поводу природы биоритмов был высказан целый ряд гипотез, производились многочисленные попытки определить их новые закономерности. Вот некоторые из них.

В 1959 году Юрген Ашофф, директор Института физиологии поведения имени Макса Планка в Андексе (Германия) обнаружил закономерность, которая была названа "Правилом Ашоффа" (Под этим названием оно вошло в хронобиологию и историю науки).

Правило гласит: "У ночных животных активный период (бодрствование) более продолжителен при постоянном освещении, в то время как у дневных животных бодрствование более продолжительно при постоянной темноте". И действительно, как впоследствии установил Ю. Ашофф, при длительной изоляции человека или животных в темноте цикл "бодрствование - сон" удлиняется за счет увеличения продолжительности фазы бодрствования. Из правила Ашоффа предполагается следствие, что именно свет определяет циркадные колебания организма. Шведский исследователь Фольсгрен в опытах на кроликах обнаружил суточный ритм гликогена и желчеобразования.

Советские ученые Е.Е. Введенский, А.И. Ухтомский, а также И.П. Павлов и В.В. Парина осуществили попытку теоретически обосновать механизмы возникновения ритмических процессов в нервной системе и показали, что ее (т.е. нервной системы) ритм определяет прежде всего ритм возбуждения и торможения.

Известные российские ученые Ф.И. Комаров и С.И. Рапопорт в своей книге «Хронобиология и хрономедицина» дают следующее определение биоритмов: «Ритм представляет собой характеристику периодической временной структуры. Ритмичность характеризует как определенный порядок временной

последовательности, так и дли-тельность отрезков времени, поскольку содержит чередование фаз различной продолжительности».

Таким образом, до последнего времени природа и основные физиологические свойства биологических ритмов были не выяснены, хотя было понятно, что они имеют в процессах жизнедеятельности живых организмов очень большое значение. Природу биоритмов и их основные свойства удалось установить только в результате термодинамического анализа процессов, происходящих в биологических системах.

3.3.2. Природа биоритмов. Второй закон термодинамики биологических систем (Б.С. Доброборского)

Возвращаясь к работам Э.С. Бауэра, рассмотренным выше, отметим, что, теоретически предположив наличие структур, обеспечивающих термодинамическое неравновесие, Э.С. Бауэр не установил, каким образом живые организмы постоянно поддерживают это неравновесное термодинамическое состояние.

Неравновесие означает, утверждал Э. Бауэр, что все структуры живых клеток на молекулярном уро вне заранее заряжены "лишней", избыточной по сравнению с такой же неживой молекулой энергией, что выражается в неравенстве потенциалов в созданном химическом или электрическом градиенте, тогда как в неживой замкнутой системе любые градиенты распределяются в соответствие с правилом энтропии равномерно. Эту "лишнюю" энергию, существующую в живых клетках на любом уровне, Бауэр называет «структурной энергией» и понимает как деформацию, неравновесие в строении живой молекулы.

Для определения того, каким образом живыми системами обеспечивается состояние устойчивого неравновесия, проведем анализ термодинамических процессов, происходящих в живых организмах.

Выше было указано, что получение свободной энергии из продуктов питания путем синтеза и расщепления АТФ для обеспечения своей жизнедеятельности живые организмы осуществляют с помощью биохимических реакций метаболизма, представляющих собой циклы обмена веществ. Эти реакции представляют собой сложные комплексы разнообразных биохимических реакций расщепления и синтеза веществ различными метаболическими путями.

Поскольку обмен веществ происходит циклами, то в клетках в соответствии с этими циклами непрерывно и периодически изменяются концентраций веществ, участвующих в многочисленных биохимических реакциях. На рисунке 2.7 в качестве примера представлен график внутриклеточных колебаний концентрации кальция.

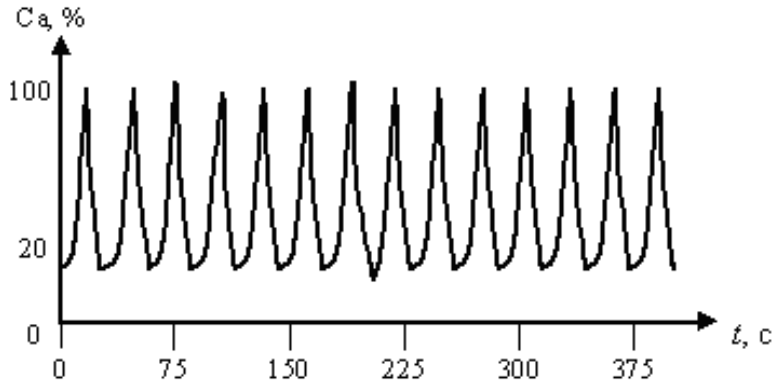


Рисунок 2.7 – График внутриклеточных колебаний кальция.

На рисунке 2.8 приведен пример схемы регуляции ферментативных реакций. Цифры, заключенные в кружки, указывают вероятные участки действия гормонов. 1 - изменение проницаемости мембраны; 2 - переход фермента из неактивной формы в активную; 3 - изменение скорости трансляции

мРНК на рибосомальном уровне; 4 – индукция образования новой мРНК; 5 - репрессия образования мРНК.

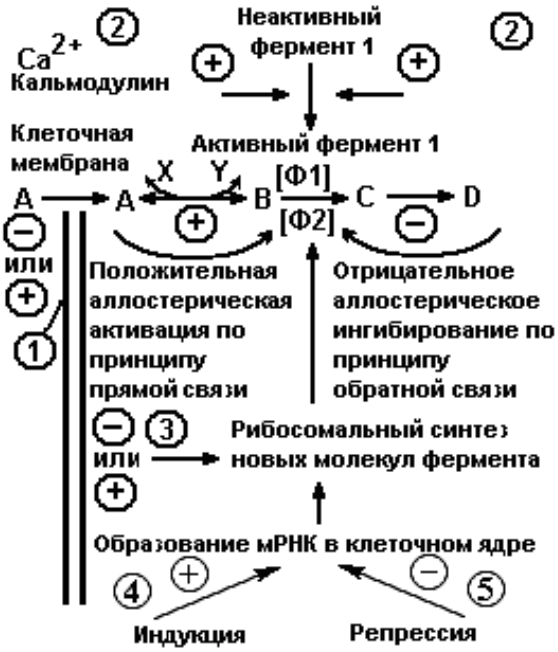


Рисунок 2.8 – Пример схемы регуляции ферментативных реакций

Как видно из рисунка 2.8, регуляция скорости протекания ферментативных реакций происходит посредством их активации (ускорения) и ингибирования (замедления) путем соответствующих положительных и отрицательных гормональных обратных связей.

Эти реакции происходят поочередно в зависимости от состояния внешней среды, которое в свою очередь вызывает те или иные гормональные реакции. Графики чередований синтеза и расщепления АТФ и соответствующих им чередований затрат и выделения энергии представлены на рисунке 2.9.

Как видно из рисунка 2.9, в результате последовательных чередований циклов биохимических реакций синтеза и расщепления АТФ соответственно протекают и термодинамические процессы затрат и выделения энергии, причем количество выделяемой энергии больше потребляемой.

Среднее значение разницы между выделяемой и потребляемой энергией равно $W_{ср} > 0$.

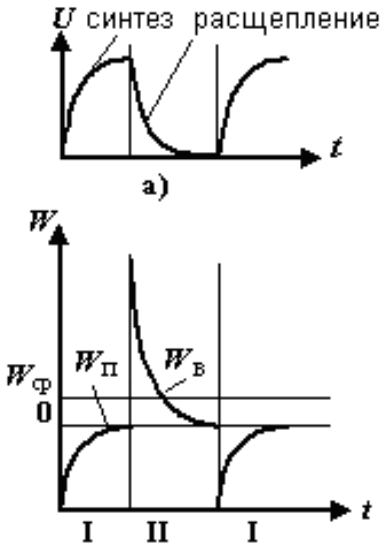


Рисунок 2.9 – Графики чередований синтеза и расщепления АТФ

На рисунке 5 изображены:

а) График чередования фаз синтеза и расщепления веществ;

б) График чередования фаз потребления и выделения энергии;

I – фаза потребления энергии;

II - фаза выделения энергии.

$W_{п}$ – энергия потребления;

$W_{в}$ – энергия выделения;

$W_{ср}$ – среднедействующее значение выделяемой энергии.

Величина энергии $W_{ср}$ всегда больше нуля и непосредственно зависит от реакции клетки на воздействия внутренней и внешней среды в виде ферментативной регуляции процессов синтеза и расщепления АТФ. Датчиками, определяющими скорость и характер метаболических процессов в клетках, являются аллостерические модуляторы и гормоны, непрерывно контролирующие их термодинамическое состояние. Устойчивость неравновесного термодинамического состояния клеток обеспечивается следующим образом. При минимальном значении неравновесного термодинамического состояния клетки датчики включают режим расщепления

АТФ, в результате чего их энергетика начинает возрастать, достигая некоторого максимального значения; при максимальном значении неравновесного термодинамического состояния клетки датчики включают режим синтеза АТФ, при кото-ром энергетика организма начинает уменьшаться.

Таким образом, устойчивость неравновесного термодинамического состояния клеток заключается в том, что величина их неравновесного термодинамического состояния всегда непрерывно колеблется в пределах, определяемых аллостерическими модуляторами и гормонами.

Рассмотрим термодинамические процессы на уровне органов, систем и организма в целом на примере организма человека.

Поскольку каждая клетка представляет собой полноценный микроорганизм, находящийся в устойчивом неравновесном термодинамическом состоянии, образуемые этими клетками органы, системы и целостные организмы также находятся в устойчивом неравновесном термодинамическом состоянии.

Причем, так как все биохимические процессы в этих клетках взаимосвязаны, то функционирование органов, систем и целостных организмов обеспечивается путем соответствующих совокупных синхронных интегральных колебаний неравновесного термодинамического состояния клеток.

Это находит свое выражение в периодических колебаниях физиологических параметров (функциональных сдвигов) органов, систем и целостного организма. Наглядным примером здесь может служить последовательность сокращений и расслаблений сердечной мышцы: при сокращении сердечной мышцы у входящих в нее клеток происходят синхронные процессы расщепления АТФ, а при расслаблении – процессы синтеза АТФ.

Здесь необходимо отметить, что при последовательных циклах сокращения и расслабления сердечной мышцы в этих процессах статистически достоверно одновременно, интегрировано и синхронно происходят соответствующие биохимические реакции у огромного количества клеток, каждая из которых в составе сердечной мышцы выполняет свою роль. При этом частота сердечных сокращений определяется термодинамическим состоянием

всего организма и может колебаться в зависимости от испытываемой организмом нагрузки в достаточно больших пределах. Аналогично происходят соответствующие колебательные процессы в системе дыхания, центральной нервной системе и других.

Анализируя любые физиологических процессы, нетрудно убедиться, что отнюдь не все клетки, вовлеченные в эти процессы, ведут себя как солдатики, четко выполняя предписанную им роль.

В живых организмах, являющихся открытыми термодинамическими системами, непрерывно происходят различные необратимые процессы, поэтому условия существования и жизнедеятельности каждой клетки непрерывно меняются и соответственно меняются (перераспределяются) их роли в интегральных процессах, происходящих в органах и системах.

Однако статистически, в результате действия большого количества клеток, они в конечном итоге производят те действия, для которых предназначены, в данном случае последовательные сокращения и расслабления сердечной мышцы в необходимом ритме.

В организме человека на воздействие любых нагрузок реагируют все органы и системы.

Из них наиболее четко и оперативно реагирует сердечно-сосудистая система, так как остановка ее работы даже на несколько минут может привести к гибели организма.

Несколько свободнее, но в достаточно жестких пределах работает система органов дыхания, периодические процессы которой человек может в незначительной степени сознательно регулировать.

В еще более свободном режиме колебаний работают некоторые центры головного мозга, система пищеварения и другие.

Человек может позволить себе в определенных пределах нарушать ритм сна и бодрствования, ритмы потребления пищи и некоторые другие. Однако допустимая величина всех этих нарушений в значительной степени зависит от общего состояния организма и от условий окружающей среды.

Поскольку органы и системы выполняют самые различные функции, то периоды колебаний параметров этих органов и систем, а также закономерности изменений этих колебаний могут быть самыми разными.

При восприятии импульсов света или звука периоды колебаний составляют доли секунд.

При некоторых видах труда периоды вызванных ими колебаний (в сочетании с другими колебаниями) могут составлять сутки, недели и даже месяцы.

При этом, независимо ни от чего, все виды физиологических колебаний представляют собой непрерывные последовательности циклов, соответствующие энергетическим колебаниям потребления и выделения энергии. Отсюда следует, что *принцип обеспечения устойчивости неравновесного термодинамического состояния живых организмов (биологических систем) как на уровне клеток, так и на уровнях органов, систем и целостных организмов заключается в непрерывных чередованиях потребления и выделения энергии посредством управляемых на соответствующих уровнях циклов синтеза и расщепления АТФ.* На основании изложенного сформулируем Второй закон термодинамики биологических систем:

Устойчивость неравновесного термодинамического состояния биологических систем обеспечивается непрерывным чередованием фаз потребления и выделения энергии посредством управляемых реакций синтеза и расщепления АТФ соответственно

Из этого закона вытекают следующие следствия:

1. В живых организмах ни один процесс не может происходить непрерывно, а должен чередоваться с противоположно направленным: вдох с выдохом, работа с отдыхом, бодрствование со сном, синтез веществ с их расщеплением и т.д.

2. *Состояние живого организма никогда не бывает статическим, а все его физиологические и энергетические параметры всегда находятся в состоянии непрерывных колебаний относительно средних значений, как по частоте, так и по амплитуде*.

Отсюда следует, что описанные выше физиологические колебания живых организмов, уже многие тысячи лет наблюдаемые человечеством, и являются биоритмами. Таким образом, природой биоритмов живых организмов являются непрерывные чередования фаз потребления и выделения энергии посредством управляемых реакций синтеза и расщепления АТФ, направленные на обеспечение устойчивого неравновесного термодинамического состояния биологических систем. Причем циклические колебания энергии света, связанные с вращением Земли, принудительно вызывают соответствующие энергетические колебания в биохимических реакциях клеток растений, стимулируя тем самым их жизнедеятельность. Таким образом, есть основания полагать, что происхождение жизни на Земле непосредственно связано с чередованием света и тьмы.

3.3.3. Собственная и принудительная частота биоритмов

Как следует из предыдущих материалов, в живых организмах жизнедеятельность каждой клетки, каждого органа, каждой системы и целостного организма характеризуются соответствующими комплексами биологических ритмов. Причем параметры этих ритмов находятся в тесной взаимосвязи и определяются как внутренними свойствами соответствующих элементов организма, так и их ролью в составе того или иного органа или системы, а также средой обитания.

Например, частота сердечных сокращений у человека в спокойном состоянии составляет 58 –75 уд/мин., а при большой нагрузке может доходить до 160 и более, в то время как циклы биохимических реакций, связанных с перевариванием пищи, происходят, например, от 3 до 5 раз в сутки, в

зависимости от режима питания, а режим бодрствования может длиться от 16 до 48 и более часов. А поскольку каждый живой организм по-своему уникален, то для него будет характерен соответствующий только ему оптимальный образ жизни: время сна и бодрствования, режим и состав питания, соответствующая окружающая среда, необходимые физические нагрузки и многое другое. В связи с этим для такого живого организма будут характерны и соответствующие только ему биологические рит-мы физиологических параметров.

Однако в реальной жизни такой режим невозможен, так как он не может существовать в отрыве от условий окружающей его обстановки.

Каковы же условия этой обстановки?

Одним из основных условий является период цикла сон-бодрствование, равный 24 часам. Это условие определяется периодом вращения Земли вокруг своей оси. Другим основным условием является то, что человек живет в обществе, в связи с чем он должен подчиняться его правилам, в частности режиму дня, времени работы и отдыха, времени приема пищи и т.д. Поэтому в большинстве случаев определенные параметры биоритмов для каждого организма являются принудительными. На риунке.2.10 представлен пример идеализированных типовых колебаний функциональных сдвигов организма человека, являющихся обобщением биоритмов таких физиологических параметров, как температура тела, артериальное систолическое и диастолическое давление, реакции на свет и звук, частота сердечных сокращений.

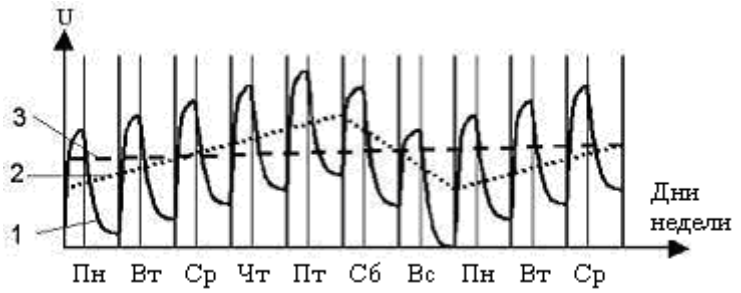


Рисунок 2.10 – Идеализированные типовые колебания функциональных сдвигов организма человека

На рисунке показаны: 1 - суточные колебания, 2 - недельное среднедействующее колебание, 3 - среднедействующее значение

Как видно из рисунка 2.10, обобщенные периодические колебания функциональных сдвигов организма человека носят как суточный, так и недельный характер.

Каким же образом в организме человека происходит согласование собственных и принудительных параметров биоритмов?

Здесь необходимо обратить внимание на то, что все процессы, происходящие в организме человека в условиях собственных биоритмов, являются абсолютно необходимыми для его жизнедеятельности, так как иначе будет происходить накопление значений не восстанавливающихся функциональных сдвигов. А это может привести к потере работоспособности, заболеваниям и в конечном итоге к гибели.

Как видно из графика на рисунке 3.6, при принудительной интенсивной работе в течение рабочей недели у человека происходят накопления остаточных функциональных сдвигов, которые успевают полностью восстановиться только за дни отдыха. В случае отсутствия необходимых условий для отдыха значительные функциональные сдвиги приведут организм к заболеваниям.

Поэтому принудительные периоды биоритмов организации биохимических процессов циклов сна и бодрствования, режима труда и отдыха, режима питания и других циклов корректируются организмом таким образом, чтобы все необходимые для его жизнедеятельности функции укладывались в эти принудительные рамки.

В частности, человек должен определять для себя вид трудовой деятельности, время и продолжительность сна, вид отдыха, ассортимент продуктов питания, занятия спортом и многое другое.

Кроме того, указанная коррекция в значительной степени происходит также за счет способности организма к фенотипической адаптации. Как показывают многочисленные исследования в области хронобиологии и

хрономедицины, свойства живых организмов, и, в частности, человека, к коррекции собственных биоритмов всегда очень индивидуальны.

3.4. Фенотипическая адаптация

Как было показано выше, в результате воздействия внешней среды материя принимает те или иные формы своего существования, то есть происходит ее самоорганизация.

Также было показано, что в этих процессах у неживой материи отсутствует факт какого-либо развития - неживая материя лишь при-нимает те или иные формы своей организации в зависимости от собственных свойств и свойств окружающей среды.

Однако совсем другими свойствами самоорганизации обладает живая материя. В зависимости от изменений окружающей среды она не только меняет свою структуру, но и приобретает качественно новые свойства, обеспечивающие возможность ее жизнедеятельности в самых разных условиях. Ярким примером приобретения таких свойств является переход от термонестабилизированных живых организмов – холоднокровных, к термостабилизированным живым организмам - теплокровным. Это свойство живых организмов обозначается термином «адаптация» со следующим определением:

Адаптация – свойство приспособления живого организма к постоянно изменяющимся условиям существования во внешней среде, выработанного в процессе эволюционного развития.

Проблемам адаптации посвящено большое количество работ, в основном содержащих факты либо различные теории, предлагающие те или иные научные объяснения наблюдаемым процессам. В частности этой теме было посвящено

большое внимание таких ученых, как П.К. Анохин, Ф.З. Меерсон и многих других.

Известно два типа адаптации: генотипическая и фенотипическая.

По определению Большой медицинской энциклопедии (БМЭ): «…генотипическая адаптация возникает вследствие отбора клеток с определенным генотипом, обуславливающим выносливость».

Это определение нельзя признать безупречным, так как оно не отражает того, к какому виду нагрузок относится выносливость, так как в большинстве случаев, приобретая одни преимущества, живые организмы теряют другие.

Если, например, растение хорошо переносит жаркий засушливый климат, то, скорее всего, оно будет плохо переносить холодный и влажный. Что же касается фенотипической адаптации, то к настоящему времени так же нет строгого определения этого термина.

По определению БМЭ «… фенотипическая адаптация возникает как защитная реакция на действие повреждающего фактора».

По определению Ф.З. Меерсона «Фенотипическая адаптация – развивающийся в ходе индивидуальной жизни процесс, в результате которого организм приобретает отсутствующую ранее устойчивость к определенному фактору внешней среды и таким образом получает возможность жить в условиях, ранее не совместимых с жизнью, …».

Известны также аналогичные определения адаптации и других авторов.

Можно утверждать, что ни определение, данное в БМЭ, ни определение Ф.З. Меерсона не отражает в полной мере свойства живых организмов к фенотипической адаптации.

Действительно, если проанализировать определение фенотипической адаптации, данной в БМЭ, то становится очевидным, что ограничение процесса адаптации только наличием повреждающего фак-тора, по всей видимости, не обосновано.

В том случае, когда действует такой неповреждающий фактор, как, например, питьевая вода с другим содержанием солей, к которой нужно

привыкнуть, либо переезд в зону другого часового пояса, либо в других аналогичных ситуациях, то при этом организм также должен перестраиваться благодаря собственным свойствам фенотипической адаптации. Что касается определения, данного Ф.З. Меерсоном, то оно недостаточно широко охватывает область, в которой проявляется фенотипическая адаптация, так как, приобретая устойчивость к одному, организм с течение определенного времени может потерять устойчивость к другому.

Причина неоднозначности определений генотипической и фенотипической адаптаций заключается в том, что в определении этих понятий отсутствует основной критерий жизнеспособности организмов – устойчивость их неравновесного термодинамического состояния.

Поэтому для обеспечения однозначности и полноты содержания этих терминов предлагаются следующие редакции определений генотипической и фенотипической адаптаций:

Генотипическая адаптация - изменение генофонда вида путем естественного отбора по показателю максимальной устойчивости его неравновесного термодинамического состояния.

Фенотипическая адаптация - свойство организма изменять свои биологические параметры при постоянно изменяющихся условиях внешней среды для обеспечения устойчивости неравновесного термодинамического состояния.

Проблемы генотипической адаптации в основном связаны с условиями окружающей среды применительно для каждого вида.

При этом наилучшие шансы для выживания имеют те популяции видов, которые могут наиболее оперативно изменять свои генетические свойства в условиях тех или иных изменений параметров окружающей среды. Свойства генотипической адаптации, по существу, представляют собой функции

распределения плотности вероятности генетических и соответствующим им физиологических свойств, которые являются определяющими для соответствующих изменений условий окружающей среды.

Что же касается фенотипической адаптации, то ее процессы условно могут быть разделены на два вида:

1. Оперативную фенотипическую адаптацию, в результате которой организм путем соответствующих оперативных физиологических реакций непрерывно реагирует на все кратковременные факторы, влияющие на его жизнедеятельность, не меняя при этом их средние значения.

2. Устойчивую фенотипическую адаптацию, в результате которой при длительных воздействиях на организм факторов окружающей среды произошли такие изменения средних значений его функциональных систем, в результате которых организм стал более приспособлен к этим факторам.

Ниже будут рассмотрены вопросы определения природы адаптации и ее основных законов путем анализа биологических процессов исходя из принципов жизнедеятельности живых организмов как от-крытых термодинамических систем, находящихся в устойчивом неравновесном термодинамическом состоянии.

3.4.1. Сущность фенотипической адаптации

Как было установлено Вторым законом термодинамики биологических систем, устойчивость неравновесного термодинамического состояния этих систем обеспечивается непрерывным чередованием фаз потребления и выделения энергии посредством управляемых реакций синтеза и расщепления АТФ.

Однако наряду с реакциями синтеза и расщепления АТФ в живых организмах происходит большое количество и других жизненно важных

биохимических реакций в виде различных циклов обмена веществ - метаболизма.

Время выполнения полного цикла биохимических реакций определяется наименьшим средним значением скорости реакции в каждой фазе цикла.

Причем параметры процессов биохимических реакций в клетках не являются постоянными.

Наоборот, они непрерывно меняются как по каким-либо внутренним причинам, так и из-за непрерывно меняющихся внешних воздействий окружающей среды. При любом воздействии на клетку: изменении параметров окружающей среды, состава продуктов питания и других, в ответ в ней происходят многочисленные изменения в биохимических реакциях и физическом состоянии, направленные на поддержание ее жизнеспособности – обеспечение устойчивости ее неравновесного термодинамического состояния.

В частности, это выражается в изменениях скоростей чередования циклов метаболических процессов, объемов веществ, вступающих в реакции, скорости поступления продуктов питания и других ингредиентов, периода деления клеток, энергетического потенциала, сред-него времени жизни, содержания и скоростей выполнения других жизненных процессов, а также массы и геометрических параметров.

Такие реакции в ряде случаев могут обеспечивать жизнеспособность живых организмов при изменениях параметров внешней среды в очень больших пределах: на высоте более 80 километров над уровнем моря и на одиннадцатикилометровой глубине в океане при давлении в тысячу атмосфер, в шахтах на глубине 4 километра, в безжизненных пустынях и в самом соленом из озер - Мертвом море, в контурах ядерных реакторов, при очень низких концентрациях питательных веществ и других условиях.

Следует отметить, что элементы клеток: плазматическая мембрана, органеллы и другие по своим физическим характеристикам достаточно пластичны. Поэтому в процессе жизнедеятельности при воздействии нагрузок их

размеры и формы непрерывно меняются в определенных пределах, зависящих от величины и характера этих нагрузок.

Свойства фенотипической адаптации многоклеточных живых организмов определяются совокупными свойствами клеток, органов и систем, из которых они состоят, реагировать на те или иные нагрузки.

Примеры внешних проявлений фенотипической адаптации уже были приведены выше.

Исходя из изложенного, можно сформулировать сущность свойства живых организмов к фенотипической адаптации в следующей редакции:

Свойство к фенотипической адаптации живых организмов основано на периодичности чередования фаз выделения и потребления энергии и заключается в физических и биохимических изменениях в клетках, органах и организме в целом, направленных на сохранение устойчивого неравновесного термодинамического состояния при изменениях параметров внешней среды

3.4.2. Механизмы фенотипической адаптации

Для анализа работы механизма фенотипической адаптации рассмотрим в качестве примера поведение клетки при воздействии на нее некоторой нагрузки.

При воздействии нагрузки для сохранения устойчивости своего неравновесного термодинамического состояния клетке будет необходимо увеличить объем и скорости синтеза и расщепления АТФ.

Одновременно с этими изменениями реакций в клетках изменяются и многие другие, включенные в соответствующие метаболические пути. При воздействии на клетку такой нагрузки в ней будут активизированы ферменты, функции которых заключаются в повышении скорости биохимических реакций в первой фазе – фазе поступления питательных веществ и синтеза из них АТФ.

Эта фаза под действием ферментов будет происходить в ускоренном режиме до достижения увеличенного количества синтезированного АТФ. При

достижении в клетке критического количества АТФ фаза синтеза АТФ за счет действия обратных связей переключится на фазу расщепления АТФ.

При фазе расщепления АТФ идут совершенно другие реакции, в основном реакции гидролиза, в результате которых АТФ превращается в АДФ с выделением энергии. Эти реакции также будут идти в ускоренном режиме до достижения минимального количества АТФ. Указанные реакции, проходящие при участии и под контролем ферментов, будут также сопровождаться усиленным синтезом последних. Изменения в ходе биохимических реакций приводят к биологическим и к физическим изменениям клетки: скоростей и объема реакций, массы, формы, геометрических размеров. На рисунках 2.11 и 2.12 приведены графики изменений массы нейтрофилов и спектральной плотности массы.

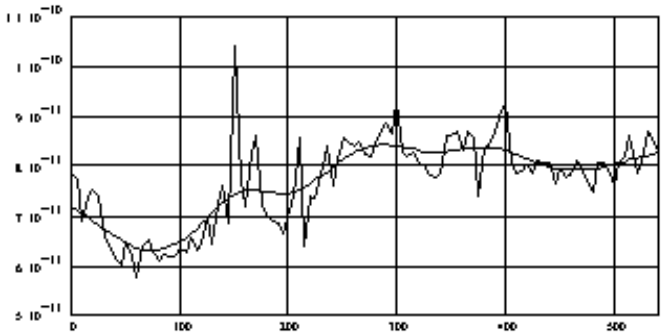


Рисунок 2.11 – График изменения массы нейтрофила

Ось абсцисс: минуты; ось ординат: граммы.

.

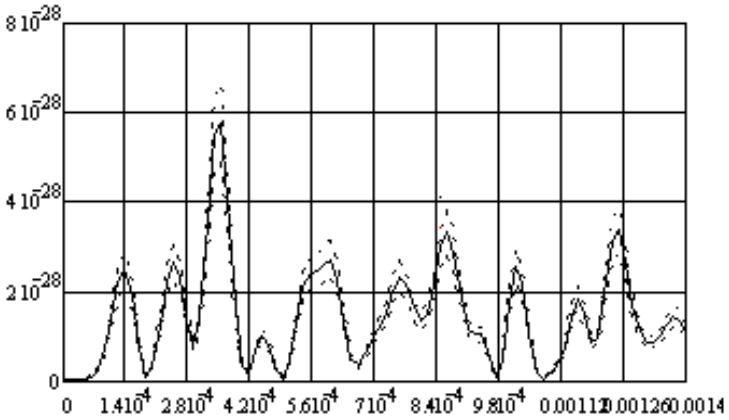


Рисунок 2.12 – График спектральной плотности массы клетки

На рисунках ось абсцисс: Гц; ось ординат: гр^2/Гц

В том случае, если нагрузка невелика и действует на клетку незначительное время, то после ее снятия все параметры клетки (как параметры биохимических реакций, так и физические), быстро вернутся к первоначальному состоянию.

Как было указано выше, такой вид фенотипической адаптации является оперативным.

На рисунке 2.13 представлен пример оперативной фенотипической адаптации.

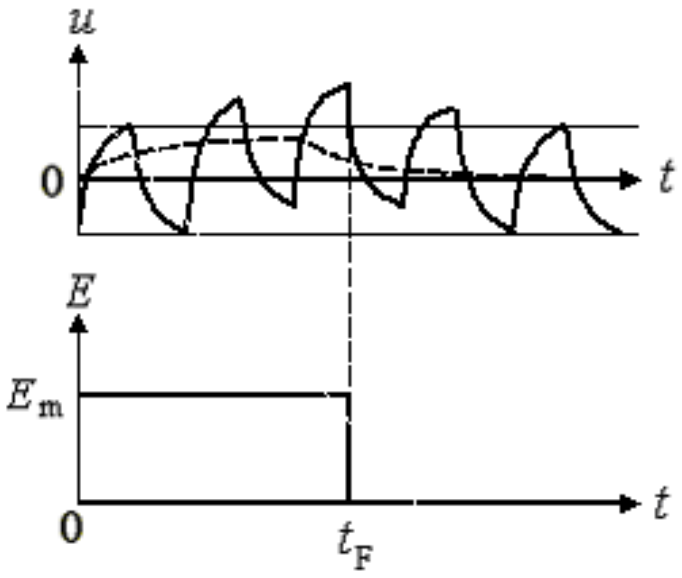


Рисунок 2.3 – Пример оперативной фенотипической адаптации.

Как видно из рисунка 2.13, в течение времени t_F действия нагрузки E_m происходит функциональный сдвиг процесса колебаний физиологического параметра

После прекращения действия нагрузки функциональный сдвиг восстанавливается в исходное состояние. Но если нагрузка действует продолжительное время, то, благодаря циклическому характеру про-цессов обмена веществ, в клетке постепенно произойдут устойчивые изменения ее физических и биохимических параметров: изменятся геометрические размеры и масса, пределы регуляции биохимических реакций, скорость деления и другие.

При снятии после таких изме-нений нагрузки на длительный срок, благодаря тому же циклическому характеру процессов обмена веществ, в клетке за достаточно продолжительное время произойдет устойчивый возврат к исходным параметрам.

В этом нетрудно убедиться на примере тренировок спортсменов. В результате длительных тренировок у них практически всегда наблюдается значительное увеличение мышечной массы. Однако, если тренировки прекращаются, то мышечная масса со временем возвращается к своим прежним параметрам. При биохимических и физических изменениях в клетках, не превышающих предельно допустимые, фенотипические адаптационные процессы в них можно считать условно обратимыми. Это связано с тем, что, как было указано в главе 1, вся материя представляет собой открытые термодинамические системы и все процессы, происходящие в материальном мире, необратимы.

Действительно, возврат организма к исходным параметрам в принципе может произойти и происходит, но уже при другом его состоянии. За время фенотипической адаптации и ее возвращения к исходным параметрам организм в определенной степени изменится, в частности, станет несколько старше.

В его органах и системах за это время успевают совершиться определенные изменения, биохимические реакции произойдут иначе из-за приема другой пищи, погоды и массы других параметров внешней среды, которые также непрерывно меняются.

Рассматривая процессы перестройки многоклеточных организмов, необходимо отметить, что они в той или иной степени, но всегда затрагивают абсолютно все органы и системы.

Так же следует отметить, что эти органы и системы обладают самыми разными свойствами реакций на нагрузки. Некоторые органы и системы реагируют на воздействие нагрузок очень быстро, например сердечно-сосудистая система, а некоторые очень медленно, как уже упоминавшийся процесс изменения мышечной массы.

Поэтому объем процессов перестроек в организме под действием нагрузок в значительной степени зависит как от длительности воз-действия этих нагрузок, так и от их характера.

3.4.3. Основные закономерности реакций на нагрузки

3.4.3.1. Реакции на одиночную нагрузку

Выше уже отмечалось, что воздействия на клетки различных нагрузок приводят к соответствующим изменениям в ходе происходящих в них реакций, а также к биологическим и физическим изменениям: скорости и величине реакций, массы, объема, формы, геометрических размеров. Для определения закономерности зависимости таких реакций от нагрузки рассмотрим воздействие на организм одиночной нагрузки в виде прямоугольного импульса.

На рисунке 2.14 представлен упрощенный график закономерности изменений некоторого функционального сдвига u при воздействии на организм импульсной нагрузки E_1 прямоугольной формы, действующей в течение промежутка времени $T= t_2- t_1$.

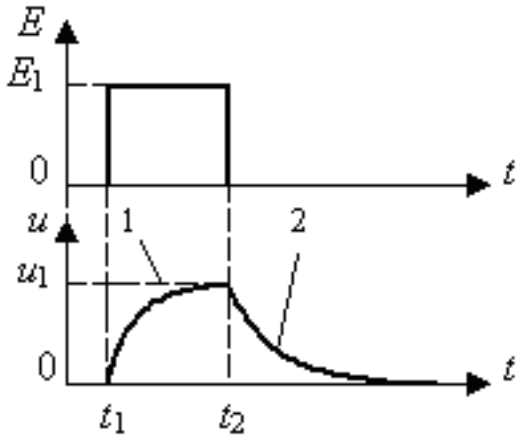


Рисунок 2.4 – Упрощенный график закономерности изменений функционального сдвига u при воздействии импульсной нагрузки прямоугольной формы E_1

Здесь следует отметить, что на самом деле живой организм всегда реагирует не только на величину нагрузки, но и на скорость ее нарастания. Кроме того, в природе в принципе не бывает импульсов абсолютно прямоугольной формы - всегда есть передний и задний фронты, меняющиеся по определенным законам, с определенными конечными параметрами.

Как видно из рисунка 4.4, при воздействии на организм нагрузки E_1 длительностью $T= t_2 - t_1$, в организме возникает и начинает нарастать некоторый функциональный сдвиг u, который достигает своего максимального значения u_1 в момент прекращения действия нагрузки t_2 (кривая 1). После снятия нагрузки E_1 функциональный сдвиг u восстанавливается до исходного значения по закону, близкому к экспоненте (кривая 2). Наблюдаемая закономерность изменений функционального сдвига, изображенного на графике рисунка 4, является результатом большого комплекса биохимических ферментативных реакций, вызванных воздействием нагрузки E_1.

Попытка математического описания таких реакций была предпринята еще в 1913 году немецкими учёными Л. Михаэлисом и М. Ментеном.

В результате проведенных исследований ими были выведен закон, описывающий кинетику изменения субстрата в ферментативной реакции (закон Михаэлиса-Ментен):

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{\mu_0 s}{K_m + s}, \qquad (2.21)$$

где: s - концентрации субстрата;

μ_0 - максимальная скорость;

K_m - константа Михаэлиса - численно равна концентрации субстрата, при которой скорость реакции составляет половину максимально возможной.

График зависимости скорости реакции как функции начальной концентрации субстрата s представлен на рисунке 2.15.

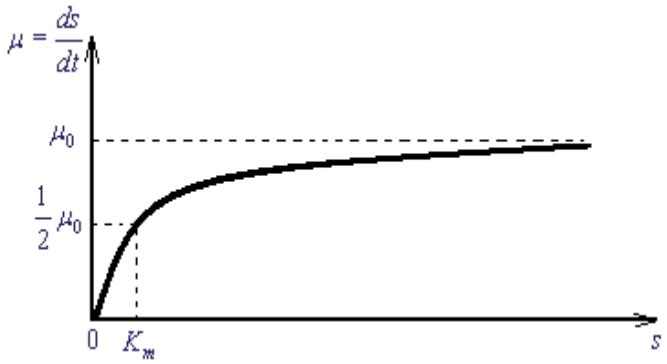


Рисунок 2.15 – Закон Михаэлиса - Ментен.

s – концентрация субстрата, μ_0 - максимальная скорость, K_m - константа Михаэлиса.

Однако закон Михаэлиса-Ментен описывает только одну каталитическую реакцию и то при нескольких не совсем реальных допущениях, в частности таких, как отсутствие в растворе других форм фермента. В нашем же случае необходимо анализировать закономерность изменений функционального сдвига как конечного совокупного результата всего комплекса биохимических реакций, участвующих в его формировании. В связи с этим для описания совокупного процесса реакций организма на некоторую единичную нагрузку (рисунок 4.4), выражающуюся в росте соответствующего функционального сдвига и реакции восстановления этого сдвига после снятия нагрузки, могут быть использованы математические формулы, составленные по результатам практических исследований этих процессов и построения соответствующих графиков.

В частности, закономерность нарастания функционального сдвига u (рисунок 4, кривая 1) может быть описана формулой (2.), а процесс восстановления функционального сдвига u_1 в сторону исходного состояния (рисунок 4.4, кривая 2) может быть описана формулой (3):

$$u = u_1(1 - e^{-kt}); \tag{2.22}$$

$$u = u_1 e^{-kt}. \tag{2.23}$$

Как видно из формулы (3), $u \to 0$ при $t \to \infty$.

Отсюда, следует, что определить точное время восстановления функционального сдвига *t*, при котором *u* = 0, невозможно.

При определенных изменениях величины нагрузки E_1 и длительности ее воздействия *T* соответствующим образом будет меняться закономерность роста и восстановления функционального сдвига *u*, так как при этом в биохимических реакциях будет принимать участие различное количество ингредиентов с соответствующей динамикой концентрации. Рассмотрим зависимость изменений функциональных сдвигов *u* от изменения величины нагрузки *E*.

На рисунке 2.16 показаны закономерности изменений функциональных сдвигов *u* при разной абсолютной величине нагрузки *E*.

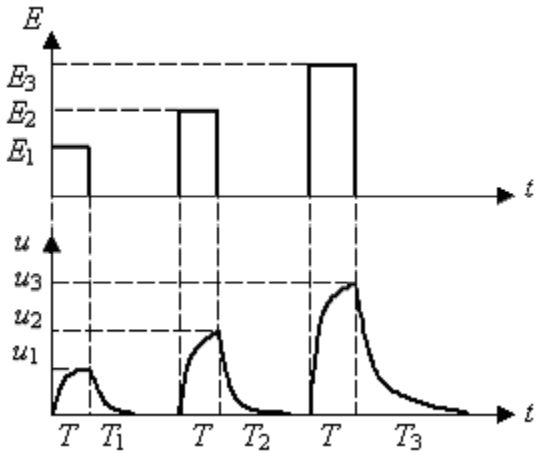


Рисунок 2.16 – Зависимость изменений функциональных сдвигов *u* от изменения величины нагрузки *E*

Как видно из рисунка 2.16, с увеличением абсолютной величины нагрузки *E*, действующей в течение равных промежутков времени *T*, величина функциональных сдвигов *u* возрастает. При этом возрастает и время их восстановления. Далее рассмотрим зависимость изменений величины функциональных сдвигов *u* от длительности действия нагрузки *E*. На рисунке

2.17 показаны закономерности изменений функциональных сдвигов *u* при разном времени действия нагрузки *E*.

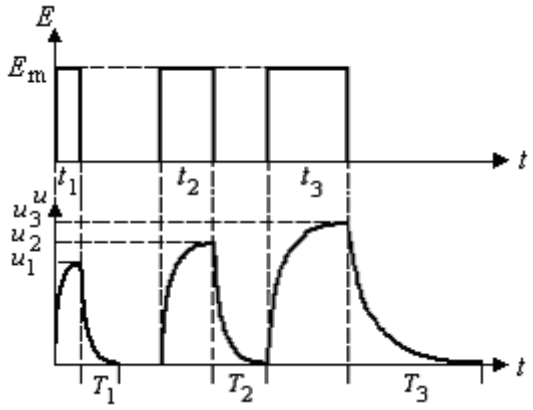


Рисунок 2.17 – Зависимость изменений величины функциональных сдвигов *u* от длительности действия нагрузки E_m

Как видно из рисунка 2.17, с увеличением длительности воздействия *t* одинаковой по величине нагрузки E_m величина функциональных сдвигов *u* возрастает. При этом возрастает и время их восстановления.

Таким образом, время восстановления *T* функциональных сдвигов *u* зависит как от величины нагрузки *E*, так и от длительности ее воздействия *t*. Величина и длительность действия нагрузок на организм могут быть различными, но они всегда ограничены по максимальным значениям. В зависимости от величины нагрузки соответствующим образом меняются процессы биохимических реакций, и как следствие - физиологические процессы.

При незначительных нагрузках, как по величине, так и по времени действия, к которым организм в достаточной степени приспособлен (назовем их нормальными), вызванные ими функциональные сдвиги после снятия нагрузок быстро восстанавливаются до исходных значений.

При максимально большой или максимально длительной нагрузке за счет ферментов изменения скорости биохимических реакций и объема участвующих в них реактивов достигают предельных значений.

После снятия таких нагрузок организму требуется достаточно большое время для восстановления вызванных ими функциональных сдвигов.

При воздействиях на организм нагрузок, превышающих предельно допустимые, достаточно велика вероятность повреждений, заболеваний или гибели организма. При этом, как правило, не происходит полного восстановления функционального сдвига. На рисунке 2.18 показан пример графика реакции функционального сдвига на непереносимую нагрузку (шум от взрыва), вызвавшую акустическую травму, и процесс восстановления слуха после такой травмы.

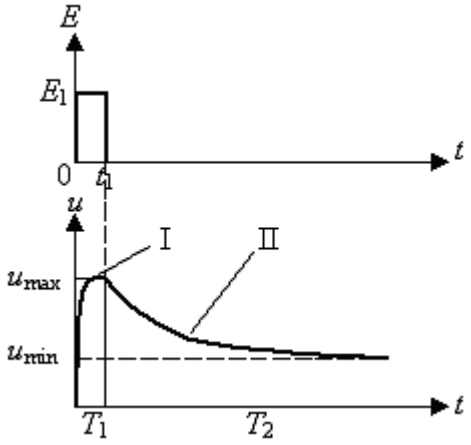


Рисунок 2.18 – График реакции функционального сдвига
на непереносимую нагрузку

Как видно из рисунка 2.18, график роста функционального сдвига u при воздействии непереносимой нагрузки (кривая I) представляет собой крутую характеристику, переходящую в верхней части в горизонтальную линию, свидетельствующую о переходе реакции в режим предельного значения функционального сдвига u_{max}, следствием которого стала акустическая травма. Процесс восстановления функционального сдвига (кривая II) – восстановления слуха после акустической травмы – происходит лишь частично, до уровня u_{min}.

Таким образом, нагрузки, воздействующие на организм, можно разделить на три категории: нормальные, повышенные и непереносимые со следующими

определениями: нормальные нагрузки – не вызывающие каких-либо последствий; повышенные нагрузки – которые могут воздействовать на организм без последствий лишь ограниченное время; непереносимые нагрузки – которые могут привести организм к заболеваниям, травмам либо к гибели.

3.4.3.2. Реакции организма на периодическую нагрузку

Нагрузки, воздействующие на живые организмы, достаточно часто носят не только одиночный, случайный, но и периодический характер. Как уже было указано выше, наиболее часто периодический характер нагрузок связан с вращением Земли.

Кроме того, у человека он может быть связан с производствен-ными процессами, режимом труда и отдыха и другими причинами.

Реакция организма на периодическую нагрузку зависит от разных причин: что собой представляет эта нагрузка, ее величина, параметры периодичности и другого.

Рассмотрим в качестве примера воздействие на организм человека нормальной периодической физической нагрузки прямоугольной формы. На рисунке 2.19 приведены: график периодического чередования нагрузок E (**a**) и график соответствующих функциональных сдвигов (**b**).

Как видно из графика **a** на рисунке 2.19, на организм человека периодически, с периодом t_0, длительностью t_F и паузой t_R воздействует нагрузка величиной E_m.

Как видно из графика **b** на рисунке 2/19, в течение времени воздействия t_F нагрузки E_m в организме человека происходит реакция, выражающаяся в виде роста функционального сдвига u, достигающего к концу времени воздействия значения u_m.

Во время пауз между нагрузками длительностью t_R происходит восстановление функционального сдвига E, который фактически достигает своего исходного значения 0 за время t_r.

Точное время восстановления функционального сдвига здесь также определить невозможно в связи с экспоненциальной зависимостью приближения его значения к оси абсцисс. *u* (**b**).

Как видно из графиков **a** и **b**, $t_r < t_R$, а закономерности роста функциональных сдвигов *u* при последующих нагрузках E_m идентичны. Это означает, что к началу следующей нагрузки организм полностью восстановился от действия предыдущей нагрузки.

Рассмотрим случай воздействие на организм периодической повышенной нагрузки E_m, при которой $t_r > t_R$.

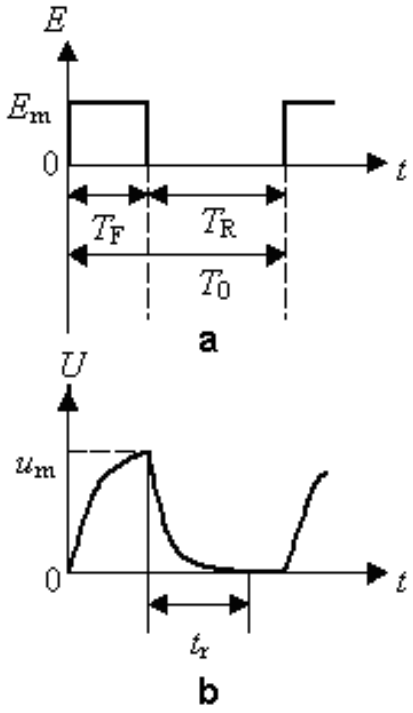


Рисунок 2.19 – График колебаний функционального сдвига *u* от воздействия нормальной периодической нагрузки *E*

На рисунке 2.20 представлен график воздействия на организм периодической повышенной нагрузки.

Как видно из графика на рисунке 2.20, воздействие на организм повышенной нагрузки I величиной E_m и длительностью t_F вызывает повышенный функциональный сдвиг u_{m1}. Этот сдвиг не успевает полностью восстановиться за

время паузы t_R, и к моменту прихода нагрузки II остаточное значение функционального сдвига составляет n_1.

В результате действия нагрузки II функциональный сдвиг u растет и достигает значения $u_{m2} > u_{m1}$, который также не успевает полностью восстановиться до прихода нагрузки III и его остаточное значение уже составляет $n_2 > n_1$. Воздействие нагрузки III вызывает рост функционального сдвига u до значения u_{m3}. И только в процессе длительной паузы t_r функциональный сдвиг u восстанавливается полностью.

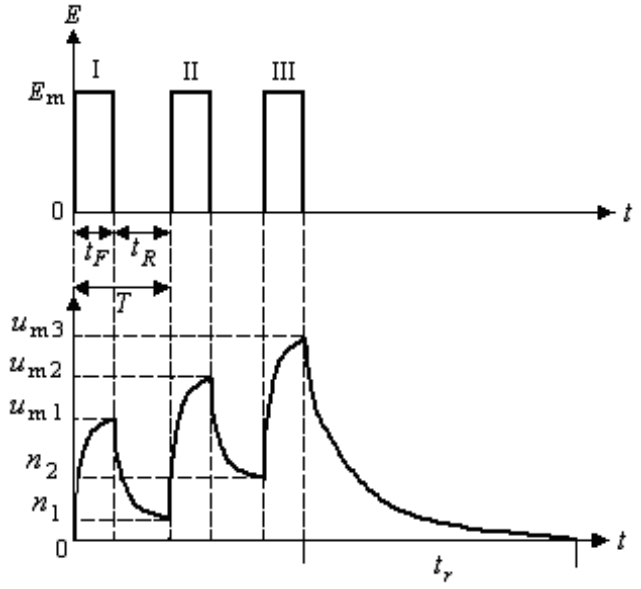


Рисунок 2.20 – График колебаний функционального сдвига u при воздействии повышенной периодической нагрузки E.

Такой рост функциональных сдвигов часто происходит в течение рабочей недели при полном восстановлении за выходные дни, при вахтовых графиках работы в экстремальных условиях (неделя через неделю) и др.

3.4.3.3. Оперативная фенотипическая адаптация

Как было показано выше, оперативная фенотипическая адаптация представляет собой реакции организма на все кратковременные факторы,

влияющие на его жизнедеятельность, не меняя при этом средние значения показателей его функциональных систем. Свойства оперативной фенотипической адаптации многоклеточных живых организмов определяются результатом совокупных свойств клеток, органов и систем, из которых они состоят, а также всего организма реагировать на те или иные нагрузки изменением происходящих в них различных видов биохимических процессов для сохранения устойчивости неравновесного термодинамического состояния.

Закономерности реакций живых организмов на нагрузки при оперативной фенотипической адаптации фактически уже рассмотрены в разделах 4.4.1 «Реакция организма на одиночную нагрузку» и 4.4.2 «Реакция организма на периодическую нагрузку.

3.4.3.4. Устойчивая фенотипическая адаптация

Устойчивая фенотипическая адаптация при воздействии постоянной одиночной нагрузки

При рассмотрении процессов оперативной фенотипической адаптации было установлено, что при воздействии на организм каких-либо нагрузок в нем происходят соответствующие этим нагрузкам изменения в виде циклов биохимических реакций. Если такая нагрузка по своей величине соответствует нормальной или повышенной, возникает сравнительно редко и на короткое время, то каждый раз после ее окончания режим работы клетки восстанавливается до исходного уровня, так как для этого требуется незначительное время.

Если же такая нагрузка действует длительное время, а перерывы между нагрузками сравнительно короткие, то в результате многочисленных циклов метаболизма в клетке постепенно возникают определенные физические изменения. Режим функционирования клетки перестроится на повышенное или пониженное количество питательных веществ, а биохимические реакции на повышенное или пониженное количество реактивов. Таким образом, режим

функционирования клетки в условиях постоянного действия нагрузки станет для нее нормальным, и он будет сохраняться все время ее действия.

График такого процесса изображен на рисунке 2.21.

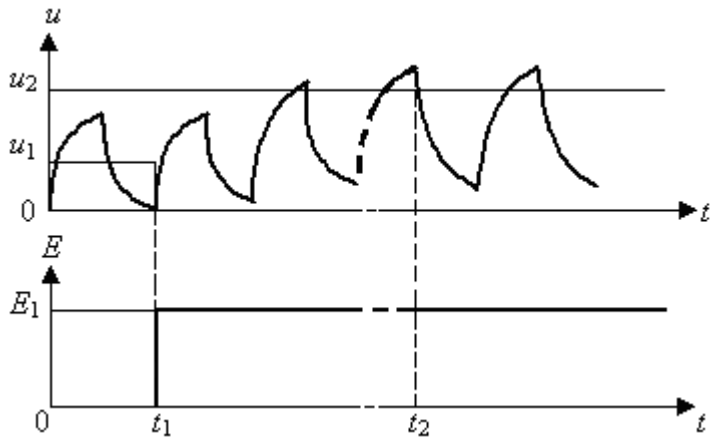


Рисунок 2.21 – Процесс устойчивой фенотипической адаптации

Как видно из рисунка 2.21, до начала действия нагрузки E_1, в период времени 0 – t_1, среднее значение колебаний функционального сдвига составляло u_1.

В результате фенотипической адаптации за длительный период времени t_2 – t_1 действия нагрузки E_1 происходят изменения в ходе биохимических реакций, в результате которых среднее значение колебаний функциональных сдвигов u_1 увеличивается до значения u_2, которое становится постоянным в условиях постоянного воздействия нагрузки E_1.

При длительном снятии нагрузки произойдет фенотипическая адаптация в обратном направлении до исходного уровня, так как ее величина ниже предельно допустимой.

Необходимо отметить, что в реальных условиях в большинстве случаев нагрузка не прикладывается мгновенно, а нарастает в течение определенного времени. Кроме того, живые организмы реагируют не только на величину нагрузки, но и на скорость ее нарастания (поэтому спортсмены, чтобы уменьшить величину воздействия нагрузки, преж-де чем выполнять

соответствующие упражнения, предварительно «разогреваются»). На рисунке 2.22 показан пример графика реальных изменений колебаний функциональных сдвигов *u* при действии постоянной нагрузки E_1.

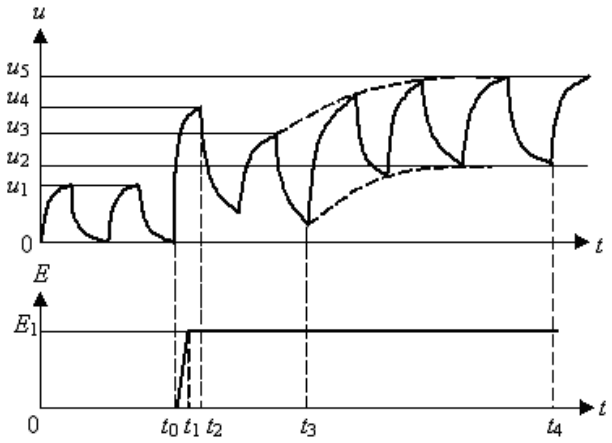


Рисунок 2.22 – График изменений колебаний функциональных сдвигов *u* при быстром воздействии постоянной нагрузки E_1.

Как видно из графика на рисунке. 2.22, до начала действия нагрузки E_1 колебания функционального сдвига находятся в пределах (0 - u_1).

Нагрузка E_1 на организм начинает действовать с момента t_0, возрастая за промежуток времени $t_0 – t_1$ от значения 0 до значения E_1.

За промежуток времени t_0 - t_2 действия нагрузки E_1 верхний предел колебаний функционального сдвига *u* резко вырастает от значения u_1 до u_4. Это объясняется реакцией организма на два одновременно воздействующих параметра нагрузки: величину E_1 и скорость ее нарастания:

$$v = \frac{dE_1}{dt} \qquad (2.24)$$

В течение промежутка времени t_2 - t_3 функциональный сдвиг *u* незначительно восстанавливается, достигая верхним пределом уровня u_3, так как происходит восстановление функционального сдвига, вызванного действием параметра скорости нарастания нагрузки. Далее происходят изменения

колебаний функционального сдвига u, определяемые только действием величины нагрузки E_1: размах колебаний функционального сдвига уменьшается при одновременном увеличении среднего уровня его значения. Это связано с экспоненциальной зависимостью величины функционального сдвига u от нагрузки E_1. Причем изменения минимальных и максимальных значений функциональных сдвигов будут происходить по идентичным законам, соответственно:

$$u = u_{min}(1 - e^{-kt}); \tag{2.25}$$

$$u = u_{max}(1 - e^{-kt}). \tag{2.26}$$

С момента времени t_4 процесс перестройки организма можно считать установившимся. При этом колебания функционального сдвига будут постоянно, в течение всего времени действия нагрузки E_1, находиться в пределах $u_2 - u_5$. После снятия нагрузки в течение определенного времени может произойти возврат функционального сдвига u к значениям, близким, но не равным исходным, так как в процессе жизнедеятельности живых организмов непрерывно происходят необратимые процессы.

Устойчивая фенотипическая адаптация при воздействии длительной периодической нагрузки

При приведенном выше (раздел 4.4.2) анализе реакций организма на периодическую нагрузку были рассмотрены основные закономерности реакций живых организмов на воздействия нагрузок прямоугольной формы. Теперь же определим закономерность процесса адаптации живых организмов при таких нагрузках на примере организма человека в случае их длительного воздействия.

Характер процесса фенотипической адаптации в основном зависит от таких параметров нагрузки, как абсолютная величина, периодичность и длительность воздействия.

Если абсолютная величина нагрузки относится к категории нормальных и соотношение длительностей воздействия нагрузки и пауз такие, при которых функциональный сдвиг, вызванный нагрузкой, полностью восстанавливается, то при этом фенотипической адаптации не происходит, так как организм уже адаптирован к таким нагрузкам.

Если абсолютная величина нагрузки относится к категории повышенных, а время восстановления функциональных сдвигов, вызванных нагрузкой, фактически будет больше времени пауз между нагрузками, то начнется процесс длительной фенотипической адаптации.

При этом в организме будут происходить биохимические реакции как синтеза из продуктов питания, так и расщепления АТФ в объемах, незначительно превышающих обычные, величина которых будет обеспечивать устойчивость его неравновесного термодинамического состояния.

Процесс устойчивой фенотипической адаптации, при котором воздействующая на организм нагрузка носит периодический характер, вызывая при этом соответствующие периодические последовательности реакций синтеза из продуктов питания и расщепления АТФ, обеспечивает возможность значительно больших диапазонов перестроек функциональных параметров организма, чем при постоянной нагрузке.

Это вызвано с тем, что периодический характер нагрузок позволяет организму обеспечить более оперативно процессы изменений скоростей биохимических реакций и объемов реактивов, участвующих в них.

Закономерность этих процессов имеет индивидуальный характер, так как она непосредственно связана как с собственными биологическими ритмами, так и с физиологическим состоянием живых организмов. Указанное свойство организма достаточно убедительно подтверждается процессами тренировок спортсменов, когда при правильном выборе графиков последовательных изменений в сочетаниях нагрузок и отдыха достигаются значительные показатели в спортивных достижениях.

На рисунке 2.23 представлен примерный график процесса устойчивой фенотипической адаптации при воздействии на организм периодической нагрузки. Как видно из графика, в начальный период времени 0 - t_1 воздействия нагрузки E_m происходит перестройка функциональных сдвигов u, при которых восстановление за время пауз между нагрузками полностью не происходит. Однако с момента времени t_1 рост и восстановление функциональных сдвигов стабилизируется.

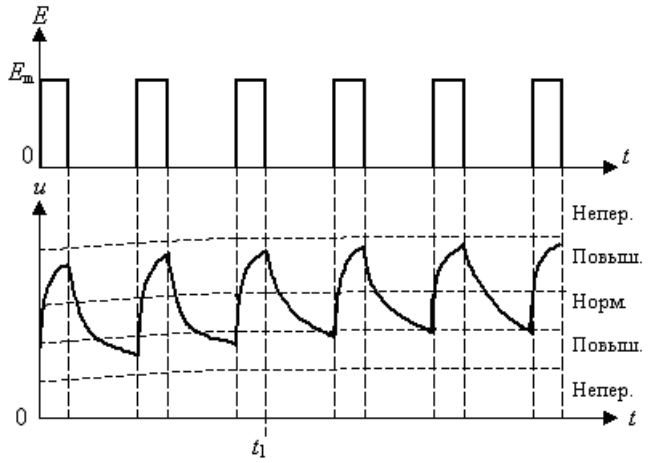


Рисунок 2.23 – Примерный график устойчивой фенотипической адаптации к периодическим нагрузкам с постоянными параметрами

Это означает, что фенотипическая адаптация закончилась и процессы синтеза из продуктов питания и расщепления АТФ начинают происходить уже на другом уровне. При этом одновременно происходит и сдвиг значений нагрузок, характеризующих нормальную, повышенную и непереносимую нагрузки. Таким образом, свойство фенотипической адаптации живых организмов к изменяющимся условиям внешней среды обусловлено принципом функционирования биохимических реакций в виде чередующихся последовательностей циклов синтеза и расщепления веществ.

Указанный принцип позволяет оперативно и в большом диапазоне «раскачивать» в необходимых пределах объемы всего комплекса веществ, участвующих во взаимосвязанном между собой множестве биохимических

реакций при одних условиях внешней среды, и замедлять их при других условиях.

Тем самым обеспечивается высокая устойчивость неравновесного термодинамического состояния живых организмов при самых разных условиях их существования.

3.4.4. Фенотипическая адаптация и окружающая среда

3.4.4.1. Основные закономерности изменений параметров окружающей среды

При рассмотрении вопросов неравновесной термодинамики (раздел 2.4.) было установлено, что одним из основных термодинамических свойств неживой материи является то, что неживая материя всегда находится в неустойчивом неравновесном термодинамическом состоянии

В отличие от неживой природы, что так же указывалось выше (раздел 3.2), живые организмы для обеспечения своей жизнедеятельности всегда должны находиться в устойчивом неравновесном термодинамическом состоянии.

Поэтому любые изменения параметров внешней среды немедленно вызывают в живых организмах посредством обратных связей соответствующие изменения в протекании биологических процессов, направленных на сохранение устойчивого неравновесного термодинамического состояния.

При этом если изменения параметров внешней среды периодические, то они вызывают в живых организмах соответствующие периодические изменения в протекании биологических процессов. В свою очередь случайные изменения параметров внешней среды вызывают соответствующие случайные изменения в протекании этих процессов. Значения параметров внешней среды, их состав и закономерность изменений на территории обитания живых организмов в основном определяются ее географической зоной и в большинстве случаев подчиняются соответствующим законам статистики.

В общем случае каждый из параметров внешней среды: темпера-тура воздуха, влажность и другие, а также их совокупности имеют соответствующие статистические характеристики вероятности, закономерности которых обычно соответствует закону плотности нормального распределения вероятности (рисунок (2.24), выражаемому формулой:

$$\varphi(U) = \frac{1}{\sqrt{2p}} e^{-(\frac{u^2}{2})} \qquad (2.27)$$

где: $\varphi(U)$ – значение вероятности;

U - плотность нормального распределения вероятности.

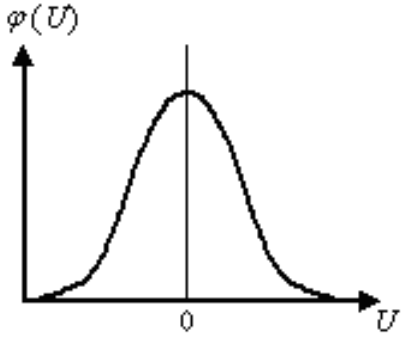


Рисунок 2.24 – График плотности нормального распределения вероятности

Популяции живых организмов, постоянно проживающие в условиях определенной окружающей среды и прошедшие процесс генотипической адаптации – естественного отбора, в своем подавляющем большинстве обычно хорошо приспособлены к параметрам окружающей среды обитания.

Причем степень приспособленности индивидов, входящих в популяцию, так же обычно соответствует закону плотности нормального распределения вероятности.

Однако в природе всегда имеет место определенная вероятность того, что параметры внешней среды могут измениться настолько много, что для

большинства особей той или иной популяции станут дискомфортными, при которых их существование значительно усложнится, а также и непереносимыми.

В результате для популяции сложатся условия, несовместимые с возможностью выживания, и тогда популяция вымирает.

Для характеристики внешней среды по условиям жизнедеятельности разделим ее на три зоны: комфорта, дискомфорта и непереносимости со следующими определениями:

- Зона комфорта - диапазон совокупных условий внешней среды, в котором жизнедеятельность данного вида живых организмов происходит наиболее комфортно, а воздействующие на них нагрузки относятся к категории нормальных.

- Зона дискомфорта – диапазон совокупных условий внешней среды, в которых живые организмы данного вида находятся в трудных условиях выживания, а воздействующие на них нагрузки относятся к категории повышенных.

- Зона непереносимости – диапазон совокупных условий внешней среды, при которых жизнедеятельность данного вида живых организмов невозможна, и воздействующие на них нагрузки относятся к категории непереносимых.

3.4.4.2. Внешняя среда и жизнедеятельность живых организмов

Для каждого вида, для каждой популяции живых организмов всегда имеется свой, предпочтительный набор условий, наиболее оптимально подходящих для их жизнедеятельности.

Например, для одних видов предпочтителен более влажный и теплый климат, для других более сухой и холодный, для третьих необходимы солнечные лучи и т.д.

Причем в каждом виде и в каждой популяции имеется определенный разброс, определенная дисперсия требований к параметрам окружающей среды, связанная с индивидуальными особенностями особей.

Здесь необходимо отметить, что указанный предпочтительный набор условий не является чем-то незыблемым, он так же достаточно динамичен, меняясь вслед за процессами генотипическими и фенотипическими адаптациями популяций.

На рисунке 2.25 изображен пример графика распределения плотности вероятности обобщенных показателей реальной (кривая 1) и оптимальной (кривая 2) внешней среды для некоторого вида живых организмов.

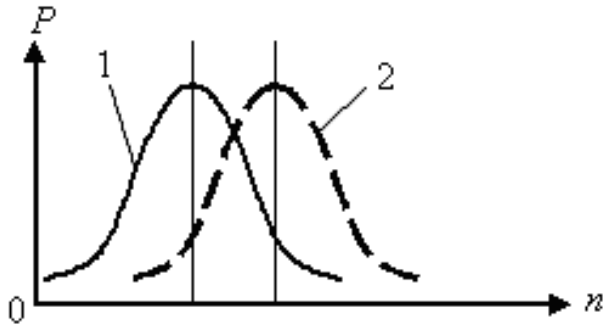


Рисунок 2.25 – График распределения плотности вероятности обобщенных показателей внешней среды

Как видно из рисунка 2.25, реальная закономерность распределения плотности вероятности параметров внешней среды в значительной степени, но не полностью совпадает с оптимальной для исследуемого вида.

Это означает, что исследуемый вид не до конца адаптирован к параметрам внешней среды.

Поскольку эти графики достаточно близки, то можно ожидать, что со временем, путем как генотипической, так и фенотипической адаптаций, этот вид в еще большей степени приспособится к данной внешней среде. В случаях, когда такие графики в значительной степени не совпадают, например при экологических катастрофах, это ведет к гибели вида.

Однако, кроме состояния окружающей среды, для живых организмов имеет исключительно большое значение то, каким образом осуществляется их жизнедеятельность. Для этого уточним содержание широко использующихся в современной науке понятий: «условия жизнедеятельности», «оптимальные условия жизнедеятельности» и «оптимальная жизнедеятельность»:

Условия жизнедеятельности - совокупность физических, химических, биологических и психологических факторов внешней среды, оказывающих то или иное влияние на процессы жизнедеятельности живых организмов.

Оптимальные условия жизнедеятельности – совокупность физических, химических, биологических и других факторов внешней среды, при которых может быть обеспечена максимальная устойчивость неравновесного термодинамического состояния живых организмов.

Оптимальная жизнедеятельность – совокупность биологических, физических и иных функций, при которых в заданных условиях внешней среды обеспечивается максимальная устойчивость неравновесного термодинамического состояния живых организмов.

На рисунке 2.26 представлен идеализированный пример графика суточных колебаний функциональных сдвигов организма человека в случае его оптимальной жизнедеятельности.

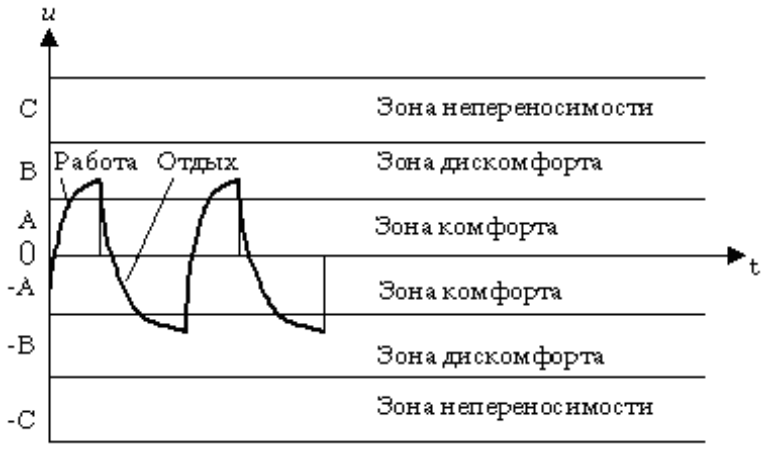


Рисунок 2.26. Идеализированный график суточных колебаний функциональных сдвигов человека при оптимальной жизнедеятельности

Как видно из графика на рисунке 2.26, для обеспечения максимальной устойчивости неравновесного термодинамического состояния организма человека размах колебаний функциональных сдвигов должен быть также максимальным и находиться не только в пределах зоны комфорта, но также и внижней (например, при гиподинамии) и в верхней (например, при гипердинамии) зонах дискомфорта. При этом значения зон комфорта, дискомфорта и непереносимости в результате процессов фенотипической адаптации будут в определенных пределах расширяться, обеспечивая тем самым максимальную устойчивость неравновесного термодинамического состояния организма. Если все суточные колебания, представленные на графике, идентичны или достаточно близки друг другу, то это означает, что организм в течение суток полностью восстанавливается от испытываемых перегрузок.

Режим, при котором колебания функциональных сдвигов имеют максимальный размах, входящий в зону дискомфорта, и при этом в течение суток полностью восстанавливаются, является наиболее близким к оптимальному. При этом организм готов к максимальным для него значениям перегрузок. В случае возникновения перегрузок периодические колебания функциональных сдвигов организма будут иметь вид, представленный на рисунке 2.27.

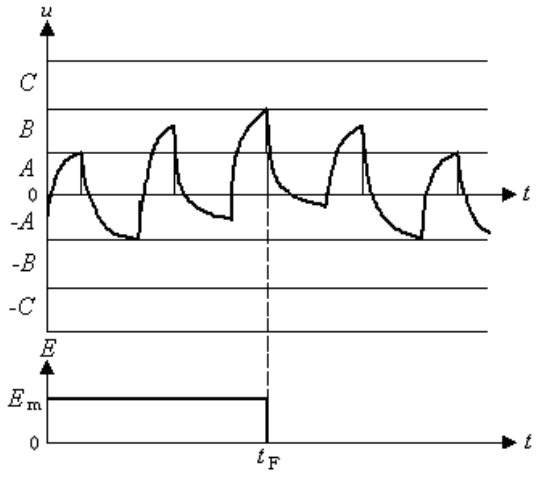


Рисунок 2.27 – График изменений периодических колебаний функциональных сдвигов *u* от нагрузки E_m.

На рисунке С, -С –зоны непереносимости, В, -В – зоны дискомфорта, А, -А – зоны комфорта.

Как видно из рисунка 2.27, при изменениях параметров окружающей среды в течение времени от 0 до t_F, вызывающих повышенную нагрузку на организм E_m, соответствующим образом меняется процесс колебаний функциональных сдвигов u, сдвигаясь вверх к зоне непереносимости.

При восстановлении исходного значения окружающей среды – в момент t_F постепенно полностью восстанавливаются и параметры колебаний функциональных сдвигов. Необходимо отметить, что зоны комфорта, дискомфорта и непереносимости, так же как и нормальные, повышенные и непереносимые нагрузки являются индивидуальными параметрами для каждого организма.

3.5. Анализ и количественная оценка воздействия различных нагрузок

Принципом определения путей повышения безопасности следует производить учет состава и закономерностей воздействующих нагрузок и величины реакций организма человека.

Для анализа и количественной оценки воздействия различных нагрузок необходимо проведение комплекса исследований, определяющих состав функциональных сдвигов, вызванных комплексом воздействующих нагрузок, время, длительность и характер воздействия, а также время полного восстановления каждого из функциональных сдвигов, вызванных комплексом нагрузок, после прекращения их воздействия.

В качестве инструмента для определения времени полного восстановления функциональных сдвигов может быть рекомендована компьютерная программа «Loqus 2003.1En».

3.5.1. Компьютерная программа «Loqus 2003.1En

На рисунке 2.28 показан внешний вид протокола исследований.

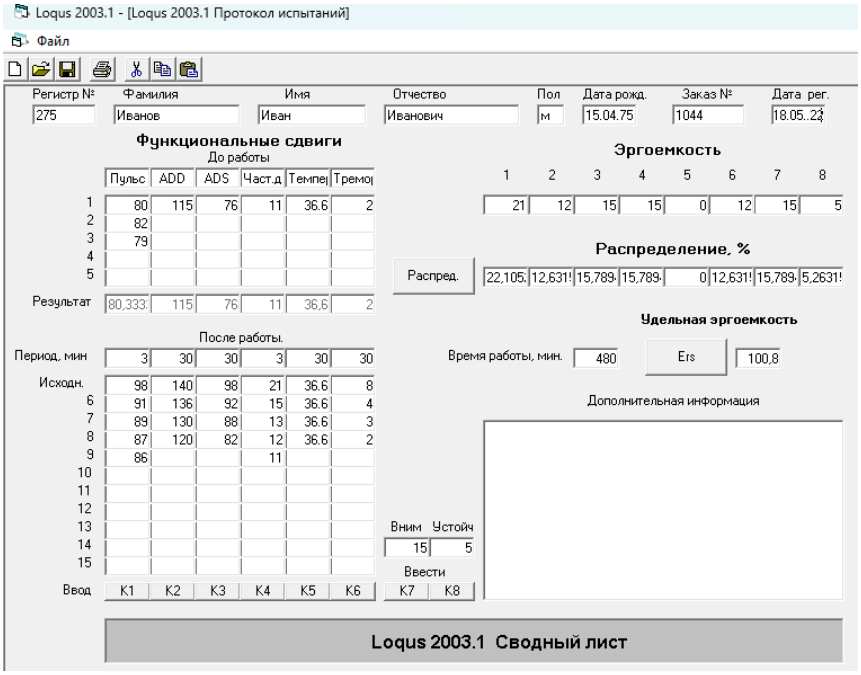


Рисунок 2.28 – Протокол исследований

При исследованиях производятся определения шести физиологических и двух психологических показателей до воздействия нагрузок и сразу после прекращения их воздействия.

В качестве физиологических показателей выбираются любые, которые могут быть характерны при воздействующих нагрузках.

В процессе исследований с заданным периодом производятся измерения показателей, после чего компьютерной программой производится расчет времени полного восстановления каждого из функциональных сдвигов, их распределение, а также расчет удельной эргоемкости – времени полного восстановления всех функциональных сдвигов в зависимости от времени воздействия комплекса нагрузок.

Психологическое воздействие нагрузок определяется с помощью психологических таблиц «Внимание» и «Устойчивость» по времени выполнения задания. Внешний вид таблиц показан на рисунках 2.29 и 2.30.

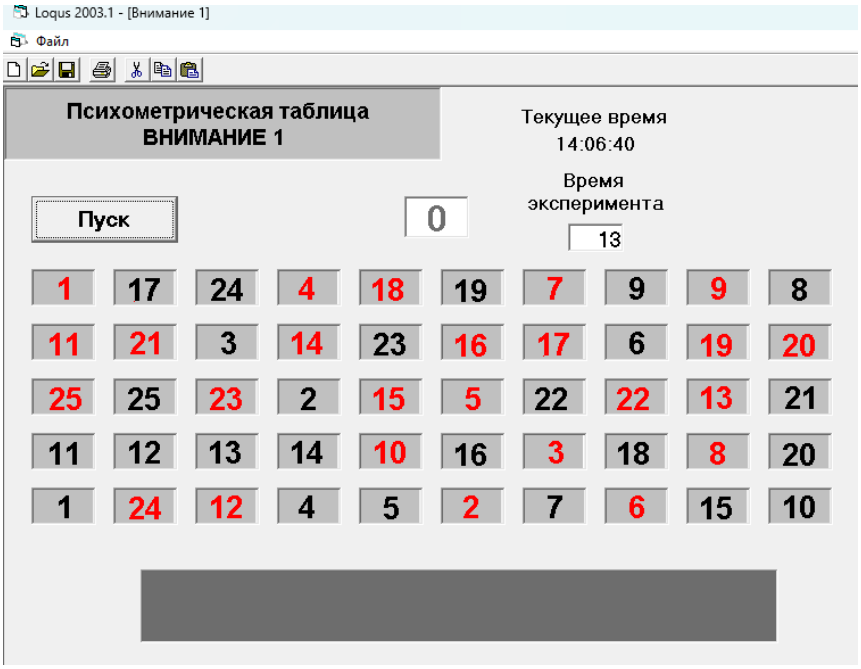


Рисунок 2.29 – Таблица «Внимание»

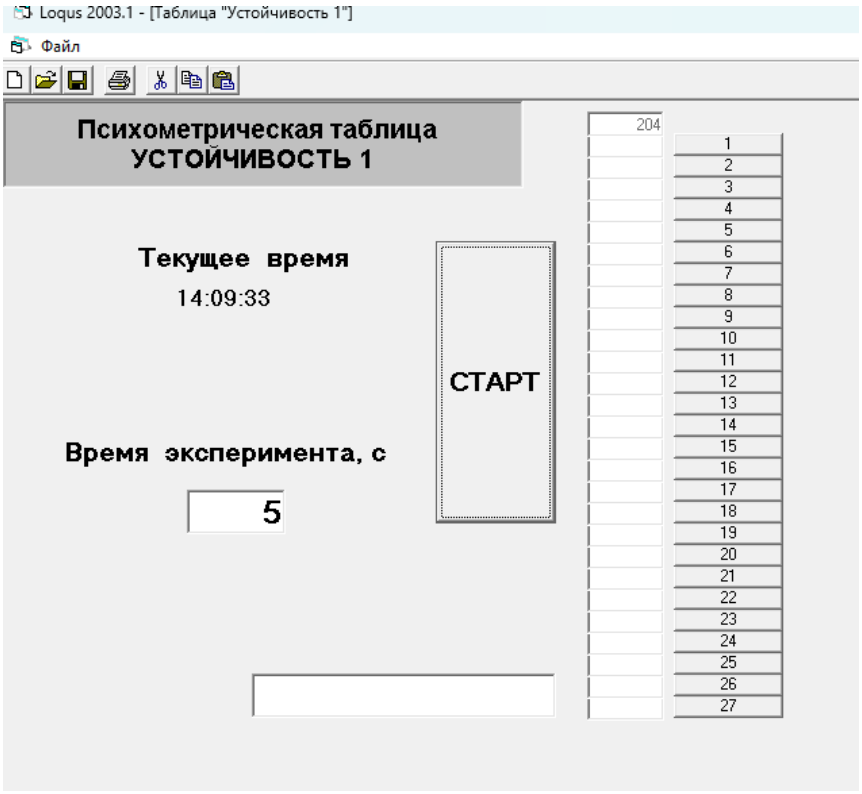


Рисунок 2.30 – Таблица «Устойчивость»

При выполнении задания «Внимание» испытуемый должен поочередно нажимать кнопки разных цветов, причем одного цвета с номерами от 0 до 25, а другого от 25 до нуля. Программа фиксирует толь нажатие правильных кнопок. После выполнения задания фиксируется время его выполнения.

При выполнении задания «Устойчивость» испытуемый производит последовательные вычитания числа 7 от заданного исходного до минимального. Программа фиксирует только правильные решения. После выполнения задания программа фиксирует время выполнения.

3.5.2. Объективная количественная оценка безопасности

Объективная количественная оценка безопасности определяется по критерию соотношения максимального времени полного восстановления функциональных сдвигов. При трудовом процессе безопасность труда определяется соотношением полного времени восстановления функциональных сдвигов ко времени суточного отдыха (предпочтительно, или отдыха в выходные дни (допустимо). При тренировках спортсменов это отношение времени восстановления функциональных сдвигов к0 времени перерывов между тренировками.

4. Анализ системы «человек – машина» и их безопасности

4.1. Определение системы «человек – машина»

Одним из критериев развития человеческой цивилизации является создание и совершенствование орудий труда, позволивших расширить

физические и умственные возможности человека в изготовлении предметов труда, необходимых для улучшения условий его жизнедеятельности.

Наиболее древними достижениями человеческой цивилизации стало изготовление и применение каменных орудий. Использование физических параметров этих орудий, в основном массы и формы, позволяло древним людям более эффективно использовать свои физические силы в процессе труда. В качестве классического примера преобразования физических усилий человека для повышения эффективности его труда можно привести одно из гениальных изобретений человечества – рычаг Архимеда (рис.2.31), в котором используется открытый Архимедом (287-212 г.г. до н.э.) закон обратно- пропорциональной зависимости между соотношениями длин плеч рычага и приложенных к ним сил, представленный формулой:

$$\frac{a}{b} = \frac{F_2}{F_1} \qquad (2.28)$$

где: a, b - плечи рычага;

F_1, F_2 - силы, приложенные к концам плеч рычага.

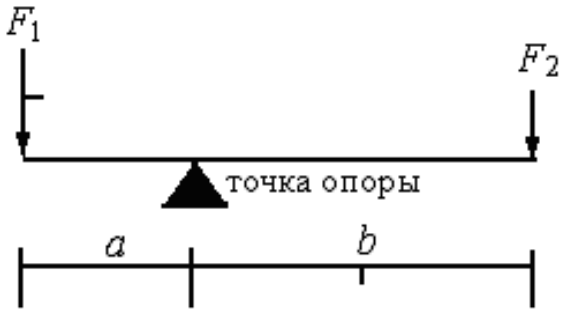


Рисунок 2.31 - Рычаг Архимеда

a, b – плечи рычага; F_1, F_2 - силы, приложенные к концам плеч рычага

Как следует из формулы (1), если длина правого плеча рычага b, например, в два раза больше левого a, то для равновесия сила F_1 должнв быть в два раза больше силы F_2.

Рассматривая производимую при этом работу A, отметим следую-щее: Как известно, работа A представляет собой произведение силы F, воздействующей на некоторое тело, на путь перемещения этого тела s:

$$A = F \cdot s \tag{2.29}$$

Отсюда, выполняя одну и ту же работу, но применяя разные по соотношению длин плечи рычага, мы можем проигрывать в пути, но вынгрывать в силе, либо наоборот. А поскольку, как правило, силы человека значительно ограничены, а путь мало ограничен, то используемый им рычаг в основном и применяется для выигрыша в силе за счет потерь в пути.

В общем случае орудия труда делятся на два вида:

1. Инструменты – орудия труда, в которых используется только энергия человека;

2. Машины – орудия труда, в которых в основном используются различные природные виды энергий: тепловая, электическая, атомная и другие, а энергия человека применяется как дополнительная, в большинстве случаев осуществляющая функции ручного либо автматизированного управления.

Взаимодействие человека с инструментами заключается в преоб-разовании отношений силы и пути при осуществляемой им работе для повышения эффективности труда.

Например, используя кувалду и зубило с заостренным концом, человек может расколоть огромные камни, так как энергия кувалды концентрируется на небольшой площади конца зубила, создавая на ней значительное давление; используя различные виды домкратов и лебедок, человек может поднимать и перемещать многотонные грузы и производить многие другие тяжелые работы.

Взаимодействие человека с машинами в основном заключается в управлении их работой.

При этом человек испытывает как физические, так и умственные нагрузки. причем при своей работе машина может быть источником физических, химических и других факторов, оказывающих определенное вредное воздействие на его организм.

Поэтому в ее конструкции всегда должны быть предусмотрены соответствующие меры, обеспечивающие безопасность такого воздействия.

Повышение производительности машин и увеличения их роли в технологических процессах сопровождается и ростом степени участия труда человека лишь как оператора, однако при этом возрастает и цена его ошибок из-за «человеческого фактора» - ошибочных дей-ствий и решений, вызванных различными случайными и неслу-чайными причинами. Уменьшьшить вероятность таких ошибок можно путем введения максимальной механизации и автоматизации производственных процессов, однако из-за всегда имеющейся вероятности возможных непредвиденных внештатных ситуаций последнее слово всегда остается за человеком.

Исходя из роли человека и машины в их совместном процессе производства предмета труда, определим понятие «система «человек-машина»:

Система «человек – машина» - система, содержащая человека и машину, в результате взаимодействия которых достигается соответствующий положительный эффект.

4.2. Основные параметры системы «человек – машина»

Назначением системы «человек - машина» является производство продукции.

Поэтому основными параметрами этой системы следует считать: производительность, надежность и себестоимость продукции, являющуюся

результатом совокупного взаимодействия технических параметров машины и физиологических параметров человека, вероятность сбоев как машины, так и человека, а также вероятность наносимого при этом ущерба. Взаимодействие труда человека и работы машины может иметь самый разный характер, зависящий от роли и функций машины и роли человека в производственном и технологическом процессах изготовления продукции.

Это взаимодействие определяется:

- Со стороны машины:

1.Назначением;

2.Конструкцией;

3.Техническими параметрами;

4.Технологическим процессом производства продукции;

5. Степенью соответствия параметров машины физиологическим параметрам человека.

- Со стороны человека:

1. Физическими возможностями;

2. Умственными возможностями;

3. Квалификацией;

4. Опытом работы.

В зависимости от назначения, конструкторских решений и используемых технологий степень приспособленности машин к физиологическим возможностям человека для выполнения им предусмотренных конструкцией машины операций может быть самой разной.

Рассмотрим случаи несоответствия, неполного соответствия и полного соответствия параметров машин физиологическим параметрам человека. В качестве примера несоответствия машины физиологическим параметрам человека может быть приведен переносный пневматический перфоратор для бурения шпуров на карьерах и в шахтах.

При его работе человек должен прикладывать значительные физические усилия по перестановке буровых штанг и переноске перфораторов, масса

которых составляет до 45 кг, а также и большие усилия подачи в процессе бурения. На рисунке 2.32 показан процесс бурения шпуров пневматическим переносным перфоратором в направлении вниз.

Рисунок 2.32 – Бурение переносным перфоратором вниз

На рисунке 2.33 показан процесс бурения переносным пневматическим перфораторов 2 горизонтальных и наклонных шпуров с использованием пневмоподдержки 1.

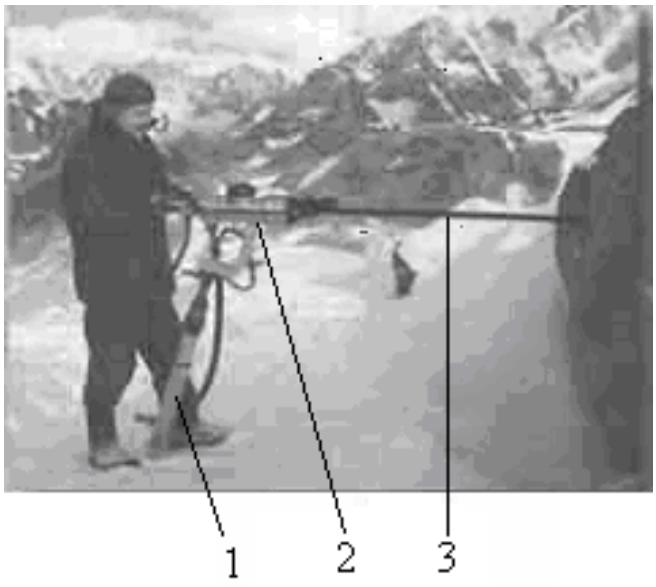


Рисунок 2.33 – Бурение переносным перфоратором
на пневматической поддержке горизонтальных шпуров

Пневмоподдержка удерживает перфоратор в нужном положении за счет уравновешивания его массы и частично за счет ее наклона, обеспечивая усилие подачи буровой штанги 3 в направлении шпура.

В соответствии с санитарными нормами максимальное усилие человека должно составлять не более 200 Н (Ньютон).

Однако, как видно из графика зависимости скорости бурения V от усилия подачи F переносного перфоратора, представленного на рисунке 2.34, при таком усилии скорость бурения V_n, а с учетом массы перфоратора при бурении вниз также и скорость бурения V_m будут значительно меньше максимальной Vmax, достигаемой лишь при усилии F = 1700Н.

Поэтому, для обеспечения высокой скорости бурения бурильщик должен прикладывать усилия, значительно превышающие допустимые.

При этом он еще вынужден переносить сильный шум и вибрацию, дышать воздухом со значительным содержанием пыли и масляных аэрозолей, сопровождающих работу перфоратора.

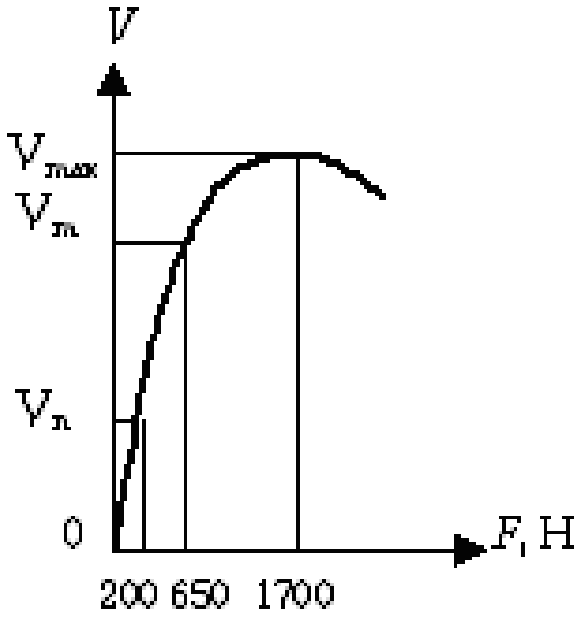


Рисунок 2.34 – График зависимости скорости бурения V от усилия подачи F

4.3. Принципы взаимодействия человека с инструментами и машинами

4.3.1. Основные закономерности взаимодействия организма человека с инструментами

С позиции неравновесной термодинамики инструменты являются устройствами, не преобразующими один вид энергии в другой, но пребразующие один вид движения в другой, где в основнове этих функции лежит рычаг Архимеда.

Взаимодействие человека с инструмен-тами в основном заключается в преобразовании параметров осуществляемой человеком работы для достижения необходимого положи-тельного эффекта.

В связи с большим разнообразием работ, выполняемых человеком, для эффективного использования его его труда к настоящему времени разработаны тысячи различных специализированных инструментов, и интенсивная работа над улучшением их параметров продолжается и в настоящее время. В качестве примера можно привести такие рас-пространенные и на первый взгляд простые инструменты, как гаечные ключи.

Несмотря на одинаковый принцип их действия – усиление затягивания резьбовых соединений гаек и болтов физической силой человека за счет большой длины рычага, в зависимости от конкретных условий их использования необходимо применение ключей самых разных конструкций.

К настоящему времени разработаны многочисленные виды гаечных ключей: баллонные, динамометрические, накидные, разводные, разрезные, рожковые, торцевые, трещеточные и т.д.

Правильный выбор типа гаечного ключа имеет чрезвычайно важ-ное значение для оперативного и успешного выполнения необходимой операции при сравнительно легких условиях труда человека.

На рисунке 2.35 в качестве примера представлена конструкция баллонного гаечного ключа, предназначенного для крепежа гаек или болтов дисков колес легковых автомобилей.

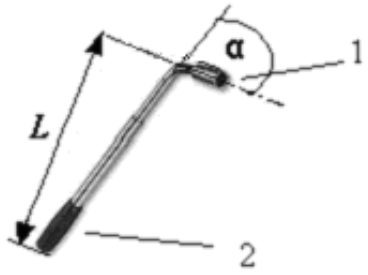


Рисунок 2.35 - Баллонный гаечный ключ

Как видно из рисунка 5, баллонный гаечный ключ имеет сложную конструкцию, содержащую головку 1 и рукоятку 2, представляющую собой достаточно длинный рычаг с обрезиненной ручкой на конце. Оси головки 1 и рукоятки 2 находятся под углом *a*, обеспечивающим возможность не задевать при его вращении диск колеса.Длина рычага *L* выбрана такой, чтобы обеспечить необходимое усилие затягивания резьбового соединения физической силой человека. Аналогичный подход осуществляется и при разработке других видов инструментов. Основной задачей разработки и правильного использования инструментов является количественная оценка условий труда при их использовании, включающая необходимые усилия, рабочую позу, время выполнения операции и другие параметры.

4.3.2. Основные виды машин и их взаимодействия с человеком

В отличие от инструментов машинами производятся преобразования энергии от одного вида в другой. При этом они всегда и непрерывно находятся в неравновесном термодинамическом состоянии.

Это состояние обеспечивается в машинах путем использования золотников или инерционных клапаной, инерции вращающихся элементов, элнектромагнитной энергией. Причем машины всегда стремятся к максимальному неравновесному состоянию, которое в большинстве случаев ограничивается потерями энергии на трение, излучение и ругое.

Применение этих свойств при разработке различных конструкций машин, выполняющих функции преобразования одних видов энергии в другие и преобразование движения их узлов в вид, необходимый для изготовления продукции обеспечивает их работоспособность, надежность и производительность.

К настоящему времени машины разделяются по видам используемой энергии и принципу действия.

Несмотря на огромное разнообразие машин, принципы их действия весьма ограничен, так как ограничены источники используемой энергии.

Основными источниками энергии являются: электрическая энергия, химическая энергия, пневматическая энергия, атомная энергия, а также энергия движения воздушных масс и гидравлическая энергия.

в основном машины выполняют следующие функции при преобразовании энергии:

- электрическую в механическую (электродвигатели);

- механическую в электрическую (генераторы);

- реактивные

- химическую в механическую (двигатели внутреннего сгорания и аналоги);

Основными видами преобразования движения узлов являются вращательные и возвратно-поступательные движения.

При этом узел машины, который производит преобразование энергии, является термодинамической систем активного типа. при его работе производится изменение его температуры до уровня, при котором его термодинамическое состояние станет неравновесным устойчивым.

Для этого в таких машинах предусматривают соответствующие системы охлаждения с использованием специальных автоматических устройств для поддержания этого состояния. Оно обычно соответствует оптимальному режиму работы машины.

На рисунке 2.36 показан общий вид системы термостабилизации двигателя внутреннего сгорания.

Рисунок 2.36 – Устройство термостабилизации двигателя внутреннего сгорания

Как видно из рисунка 2.36, система содержит радиатор, расширительный бачок и водяную помпу, соединенную шлангами, а также термостат.

При работе двигателя водяная помпа прокачивает охлаждающую жидкость через радиатор и каналы двигателя. при этом эта жидкость охлаждается сотами радиатора и вентилятором. Скорость прокачки охлаждающей жидкости и интенсивность ее охлаждения регулируется термостатом, который поддерживает заданную температуру двигателя. Расширительный бачок служит для заполнения охлаждающей жидкости при увеличении ее объема при нагревании.

Для охлаждения и термостабилизации применяются также и воздушные системы охлаждения. Однако, как правило, они менее эффективны.

В машинах, использующих для своей работы сжатый воздух, при его расширении при выполнении требуемой работы в соответствии с законами термодинамики, происходит его охлаждение.

На рисунке 2.37 показана конструкция пневматического отбойного молотка.

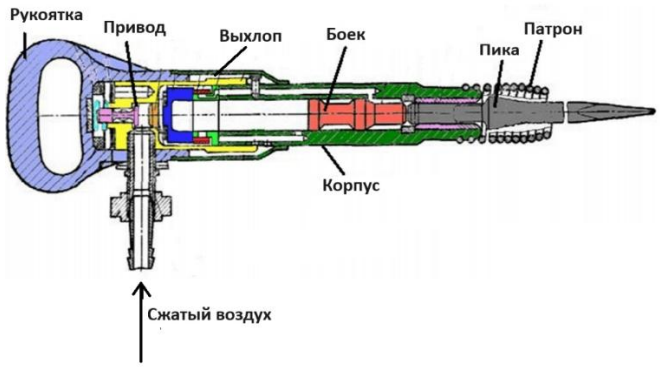


Рисунок 2.37 – Конструкция пневматического отбойного молотка

В этой машине сжатый воздух поступает в привод, которым осуществляется попеременная подача сжатого воздуха слева и справа от бойка, который под его действием совершает возвратно-поступательные движения, ударяя при движении вправо удары по пике, которая, в свою очередь, разрушает строительный материал, горную породу. При этом в конце кода бойка сжатый воздух по каналам в корпусе соединяется с атмосферой. при этом в результате уменьшения давления сжатый воздух охлаждается, иногда до отрицательных температур, вызывая облединение области выхлопа.

Таким образом, практически все двигатели тем или иным образом стремятся неравновесному термодинамическому состоянию.

Устройства преобразования движения в своей работе не предусматривают изменение их температуры.

Однако это может иметь место в случае недостаточной смазки или большой нагрузки, при которых устройство испытывает большие трения.

Для устройств с большими нагрузками в их конструкцию вводят охлаждающие элементы, например применяют корпуса с ребрами охлаждения.

Таким образом, термодинамика машин в общем случае характеризуется стабильностью их параметров в течение длительного времени при условиях их эксплуатации в соответствии с заданными значениями.

Виды машин и их взаимодействие с человеком можно разделить на 5 категорий:

1. Механизированный инструмент (ручные и переносныемашины).

Этот вид машин выполняет в технологическом процессе, как правило, лишь небольшую, но существенную часть операций, требующую больших энергетических затрат, например вращение рабочего инструмента, осуществление ударов.

Остальные операции: переноска, удержание в рабочем положении, обеспечение осевого усилия и другие, как правило, выполняются за счет физической силы человека.

К таким видам машин относятся: электродрели, электрорубанки и электроперфораторы, пневматические гайковерты и отбойные молотки, пневматические перфораторы, бензопилы и многие другие ручные машины.

Основной особенностью этих машин является то, что режим и производительность их работы в значительной степени зависят от физических возможностей человека.

2. *Машины с ручным управлением*.

Машины с ручным управлением выполняют в производственном процессе основную часть операций при непосредственном участии че-ловека. К ним можно отнести основные виды транспортных средств, некоторые виды станков, не оснащенных средствами автоматизации, компьютеры, работающие в режиме диалога с оператором.

Работа таких машин в большой степени связана с физическими и умственными возможностями человека.

3. *Машины-полуавтоматы*.

Машины-полуавтоматы требуют выполнения вручную только подготовительных и заключительных операций, например по закреплению заготовок и снятию готовой продукции, выполнение же основных рабочих операций, например вращение детали на токарном станке, подача резца может производиться в автоматическом режиме, но под контролем человека.

К машинам-полуавтоматам относятся, в частности, значительная часть станочного парка, компьютеры, системы автопилота на воздушных судах и многие другие.

4. *Машины-автоматы*.

В машинах-автоматах все операции производятся в автоматическом режиме, оставляя за человеком лишь контрольные функции и функции загрузки сырья и выгрузки товара.

К ним относятся, например, автоматы для изготовления и упаковки сигарет, автоматизиро-ванные линии по розливу напитков, электронные автоматы по регулировке дорожного движения, различные роботы и другие машины.

5. Машины с искусственным интеллектом.

Машины с искусственным интеллектом снабжены системой управления, функциями которой является не только производство продукции, но и выбор необходимых технологических операций и режимов их выполнения.

Для этого в систему управления вводится необходимая база данных и соответствующие алгоритмы. Использование искусственного интеллекта практически ограничено.

Выбор того или иного вида машин непосредственно связан с технологией и количеством производства продукции и в основном определяется экономической целесообразностью.

В частности, механизированные инструменты наиболее широко используются в строительстве, а машины с ручным управлением широко используются при изготовлении разовых изделий, например гравировке надписей или рисунков, изготовлении штампов, прессформ, моделей или

опытных образцов, машины-полуавтоматы в основном используются при изготовлении единичной и мелкосерийной продукции, а машины-автоматы при производстве серийной или массовой продукции, машины с искусственным интеллектом применяются в случаях необходимости принятия быстрого решения, в неблагоприятных гигиенических и экологических условиях и в других случаях, когда существенную роль в обеспечении безопасности играет человеческий фактор.

Все инструменты и машины, как уже указывалось выше, в процессе своей работы тем или иным образом воздействуют на работающего с ними человека, так как могут быть источниками шума, вибрации, пыли, масляных аэрозолей, газов, физических и психологических нагрузок и т.п.

Поэтому, кроме определенного набора технических параметров, обеспечивающих выполнение требуемых технологических операций, они должны также соответствовать гигиеническим, эргономическим и экологическим требованиям, регламентируемым соответствующими нормативными документами, чем будет в определенной степени гарантирована их безопасность для здоровья человека.

Кроме систем «человек-машина», где человек и машина находятся «один на один», имеется большое число сложных производств, когда имеет место взаимодействие многих систем «человек-машина», которые необходимо координировать между собой.

В качестве примеров можно привести потоки автотранспорта, конвейерные линии, транспортные средства, управляемые экипажами, энергосистемы и т.д.

Спецификой работы таких систем «человек- машина» является необходимость наличия общих систем управления, решающих задачи их координации.

В основе функционирования таких систем, как правило, лежит прием информации, ее обработка, принятие решений и контроль за их выполнением.

4.3.3. Надежность функционирования систем «человек – машина»

Надежность работы системы «человек - машина» в общем виде может быть описана уравнением:

$$P(T \leq t = \{P_N(T \leq t) + P_T(T \leq t)\}, \qquad (2.30)$$

где P_N и P_r – вероятности отказов, обусловленные действиями человека и машины соответственно, T – время работы до первого отказа, t – время, в течение которого определяется вероятность отказов.

Закономерности зависимости вероятности отказов P_N и P_r при T меньшем или равном t у человека и машины как термодинамических систем определяется биологической природой организма человека с одной стороны и конструкцией, свойствами материалов и условиями эксплуатации машины с другой.

Для определения этих закономерностей рассмотрим основные теоретические законы распределения отказов.

Отказы в системах «человек - машина» возникают под воздействием разнообразных технических и человеческих факторов.

Поскольку каждый фактор в свою очередь зависит от многих, независимых друг от друга причин, то эти отказы относятся, как правило, к случайным событиям, а время работы системы «человек – машина» до возникновения отказов - к случайным величинам.

Однако возможны и не случайные (детерминированные) отказы (отказы, возникновение которых происходит в определенный момент времени, т.е. в момент возникновения причины благодаря однозначной и определенной связи между причиной отказа и моментом его возникновения). Например, если в цепи электрического устройства из-за человеческого фактора ошибочно поставлен предохранитель, не способный работать при пиковой нагрузке, то всякий раз,

когда возникает эта нагрузка, он обязательно перейдет в отказовое состояние – разрыв цепи.

При анализе надежности систем «человек – машина» объектами исследования являются все возможные случайные события и величины, оказывающие соответствующее воздействие как на состояние человека, так и на машины.

В качестве теоретических распределений наработки до отказа могут быть использованы любые применяемые в теории вероятностей непрерывные распределения. Поэтому при определении надежности системы «человек – машина» необходимо произвести анализ закономерностей, которым подчиняется организм человека-оператора и исследуемая машина для выбора соответствующих распределений из применяемых в теории вероятностей.

Для этого рассмотрим понятия «случайное событие» и «случайная величина».

Случайное событие – это событие (факт или явление), которое в результате опыта может произойти или не произойти. Случайные события (отказы, восстановления, ремонт, травмы, лечение и др.) образуют случайные потоки и случайные процессы. Поток событий – последовательность событий, происходящих одно за другим в какие-то отрезки времени.

Например, отказы восстанавливаемого устройства или травмы человека образуют поток событий (поток отказов).

Под действием потока отказов и потока восстановлений машина или человек могут находиться в различных состояниях (полного отказа или работоспособности, частичного отказа или работоспособности, полной работоспособности).

Переход машины или организма человека из одного состояния в другое представляет собой случайный процесс.

Случайная величина - величина, которая в результате опыта может принимать то или иное значение, причем неизвестно заранее, какое именно.

Случайная величина может быть дискретной (число отказов за время *t*, число отказавших элементов при наработке заданного объема и т.д.), либо непрерывной (время наработки элемента до отказа, время восстановления работоспособности).

Закон распределения случайной величины – соотношение, устанавливающее связь между значениями случайной величины и их вероятностями.

Для характеристики этой случайной величины (непрерывной и дискретной) используется вероятность того, что случайная величина *X* меньше некоторой текущей переменой *x*.

Функция распределения случайной величины *X* (интегральный закон распределения) имеет вид:

$$f(X) = \rho(X < x) \qquad (.2.31)$$

Плотность распределения непрерывной случайной величины *X* (дифференциальный закон распределения) является производной от функции распределения:

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx}. \qquad (2.32)$$

Отсюда, в пределах изменений *x* от -∞ до + ∞:

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1, \qquad (2.33)$$

то есть в пределах от -∞ до +∞ событие обязательно произойдет – вероятность наступления события равна 1. Тогда, в пределах изменений x от -∞ до X:

$$\int_{-\infty}^{X} f(x)dx = F(x) \qquad (2.34)$$

В теории надежности за случайную величину обычно принимают время работы машины или человека до возникновения отказа. Аналогичные рассуждения в принципе могут быть приведены и для человека, но, как будет показано ниже, в течение длительности одной рабочей смены.

4.3.4. Закономерность вероятности отказов машины

На рисунке 2.38 представлен типовой пример графиков вероятностей отказов машины в результате износа.

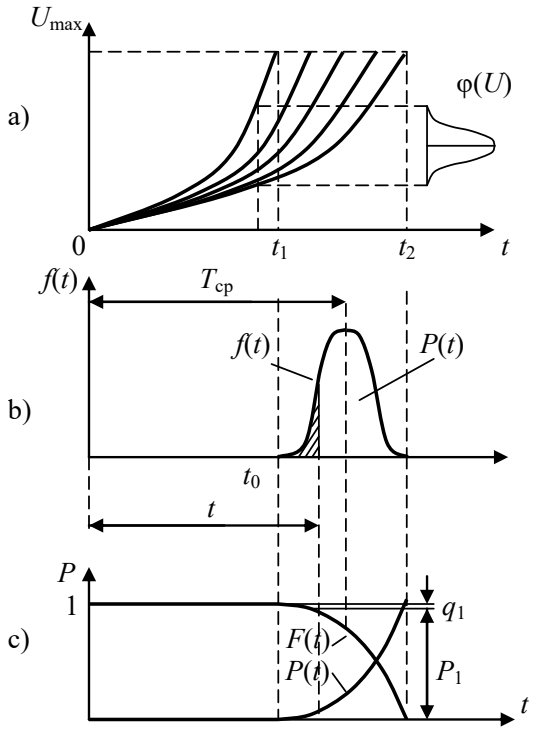


Рисунок 2.38 – Кривые распределения случайной величины при отказах в результате износов.

На рисунке: a) – реализация функции износа φ(U); b) – плотность распределения сроков службы $f(t)$; c) – интегральная функция распределения $F(t)$ и вероятность безотказной работы $P(t)$.

Как видно из рисунка 2.38, функция плотности распределения сроков службы $f(t)$ служит полной характеристикой рассеивания сроков службы машины и условно человека, так как, благодаря своей биологической природе, организм человека обладает некоторыми иными свойствами, чем машина, в частности свойствами самовосстановления, например при отдыхе (рисунок 5.2).

Кривая распределения $f(t)$ - частота отказов - дает возможность подсчитать средний срок службы машины $T_{ср}$ (математическое ожидание $M[t]$), рассеивание (дисперсию D) этих сроков службы относительно центра группирования и другие числовые параметры случайной величины T.

Как видно из графика на рисунке 1 a), в процессе эксплуатации машины отказы из-за износа в основном приходятся на период времени от t_1 до t_2.

Причем наибольшая плотность отказов φ(U) приходится на середину этого периода

За некоторый выбранный период времени работы машины t площадь $F(t)$ кривой распределения $f(t)$ будет характеризовать вероятность отказа (выхода из строя) машины за этот период времени (рисунок 6.1, b). В связи с этим левая ветвь кривой распределения $f(t)$, относящаяся к области малой вероятности отказов, обычно используется для характеристики безотказности работы машины, а вся кривая $f(t)$ и ее параметры необходимы для оценки ее долговечности. Ординаты интегральной функции распределения $F(t)$ (рисунок 6.1, c) характеризуют вероятность отказа машины до данного момента времени:

$$F(t) = \int_0^t f(t)dt \qquad (2.35)$$

Во многих случаях нет необходимости пользоваться функциями $F(t)$ или $f(t)$, а достаточно знать только числовые характеристики этих кривых.

Основной характеристикой положения кривой $f(t)$ является математическое ожидание $M[t]$, которое в нашем случае является средним сроком службы $T_{\text{ср}}$ (наработкой на отказ):

$$T_{\text{ср}} = \int_0^{\infty} t(f(t)dt \tag{2.36}$$

Основной характеристикой рассеивания случайной величины является дисперсия D или среднее квадратическое отклонение:

$$\sigma = \sqrt{D}. \tag{2.37}$$

где

$$D(t) = \int_0^{\infty} (T_{\text{ср}} - t)^2 f(t)dt. \tag{2.38}$$

Очевидно, что чем больше значение D (или соответственно σ), тем больше величина рассеивания сроков службы относительно их среднего значения $M[t]$.

Для оценки надежности работы машины, принимая за основную случайную величину время до возникновения отказа, можно определить и вероятность безотказной работы $P(t)$ в пределах заданного периода t. Для этого воспользуемся значением интегральной функции

$$F(t) = \int_0^{t} f(t)dt. \tag{2.39}$$

Вероятность безотказной работы $P(t)$ относится к событию, противоположному появлению отказа $F(t)$.

Поэтому

$$F(t) + P(t) = 1, \tag{2.40}$$

или

$$P(t) = 1 - F(t) \tag{2.41}$$

Тогда:

- функция распределения отказа:

$$F(t) = P\left(t < t_{\text{зад}}\right) = Q(t); \tag{2.42}$$

- плотность распределения:

$$f(t) = \frac{dQ(t)}{dt} \tag{2.43}$$

- вероятность безотказности изделия за время t:

$$P(t) = 1 - Q(t). \tag{2.44}$$

Интенсивность отказов (условная плотность вероятности отказов) – есть отношение $f(t)$ к $P(t)$:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} \tag{2.45}$$

График типовой функции интенсивности отказов машины изображен на рисунке 2.39.

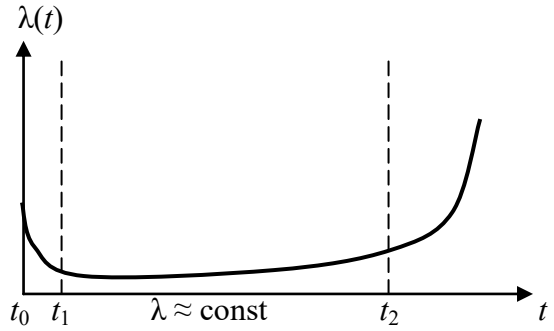


Рисунок 2.39 – Типовая функция интенсивности отказов машин.

Как видно из рисунка 2.39, типичный график функции интенсивности отказов содержит три участка:

1-й участок - убывающей интенсивности отказов (t_0 - t_1), который иногда называют периодом приработки или периодом ранних отказов. Появление отказов в этом периоде обычно вызывается конструктивными или производственными дефектами, например, отсутствие смазки в подшипниках, недостаточной затяжкой гаек и т.д.

2-й участок – условно постоянной интенсивности отказов (t_1 - t_2), называют периодом нормальной эксплуатации. Этот период начинается сразу же после периода приработки и заканчивается перед периодом износовых отказов. Отказы, появляющиеся в периоде нормальной эксплуатации, называют внезапными, так как они в основном появляются в случайные моменты времени, или, другими словами, внезапно, непредсказуемо, из-за случайных причин, например нарушение электрического контакта в результате коррозии. Здесь необходимо отметить, что каждая новая машина немедленно после ее изготовления начинает стареть: с первого же момента эксплуатации она начинает изнашиваться, подвергается воздействию различных параметров внешней среды, в том числе агрессивных, и т.д.

В течение всего срока существования машины вероятность отказов из-за износа и старения непрерывно возрастает, даже если она вообще не эксплуатируется. Поэтому зависимость интенсивности отказов λ от времени t на 2-м участке не может быть одинаковой и должна незначительно возрастать.

Однако в большинстве случаев этим ростом можно пренебречь и считать, что на этом участке $\lambda = const$.

3-й участок - период износовых отказов, начинается тогда, когда машина выработала свой ресурс, вследствие чего число отказов в этом периоде начинает резко возрастать, так как начинает резко возрастать количество причин для отказов. Однако такая ситуация возникает лишь при условии, что ресурс всех узлов и деталей машин имеет примерно одинаковую величину. Фактически же отдельные части машин, например, подшипники, могут иметь ресурс, значительно превышающий ресурс других деталей.

В зависимости от назначения, конструкции и условий эксплуатации ресурс машины, как искусственного изделия, может колебаться от десятков секунд (например двигатели космических аппаратов) до десятков, сотен и даже тысяч лет (например механические часы или водоводные системы в древнем Египте).

Технические параметры машины, определяющие интенсивность ее отказов, обычно задаются с таким расчетом, чтобы с запасом обеспечить необходимую вероятность выполнения того технологического процесса, на который она должна быть рассчитана.

При этом машина должна соответствовать конкретному перечню технических требований, которые обычно задаются в технических условиях (наиболее полном документе) или техническом паспорте машины, а пользователем должны выполняться требования к условиям ее эксплуатации.

Таким образом, в машинах в большинстве случаев имеются известные определенные перечни источников отказов с предсказуемыми последствиями. Интенсивность этих отказов может быть рассчитана либо определена экспериментально.

В связи с этим в конструкциях машин обычно предусматриваются определенные меры для уменьшения возможного ущерба при наиболее опасных случаях отказа, например установка предохранителей в электрических цепях, применение подушек безопасности в автомобилях, дублирование опасных узлов и систем контроля, систем сигнализации и т.д.

Кроме того, параметры машин, особенно выпускаемых серийно, характеризуются достаточно узким разбросом, в результате чего процессы их старения и износа характеризуются сравнительно высокой повторяемостью.

4.3.5. Закономерность вероятности отказов человека и человеческий фактор

Организм человека в соответствии с 1-м и 2-м законами термодинамики биологических систем, как было указано выше, всегда находится в устойчивом неравновесном термодинамическом состоянии в соответствии со Вторым законом термодинамики.

При этом у него происходит принудительное чередование работоспособного и неработоспособного состояния в основном с периодом в одни сутки.

В течение этих суток организм человека лишь несколько часов, в зависимости от переносимой нагрузки, может находиться в работоспособном состоянии, после чего ему необходим отдых для восстановления.

За время работоспособного состояния график закономерности изменений вероятности отказов человека, заключающихся в ошибочных решениях или действиях, по форме практически совпадает с графиком, представленным выше на рис. 2.

Он также разделяется на три участка:

1-й участок графика характеризует период оперативной адаптации человека к трудовому процессу после отдыха.

2-й участок характеризует основной трудовой процесс, при котором осуществляется плавный, близкий к линейному, переход термодинамического состояния человека от слабо неравновесного к сильно неравновесному.

3-й участок характеризует сильно неравновесное термодинамическое состояние в результате усталости, при котором организм теряет свою работоспособность и переходит к отдыху.

Пример графика суточных изменений интенсивности отказов организма человека представлен на рисунке 2.40.

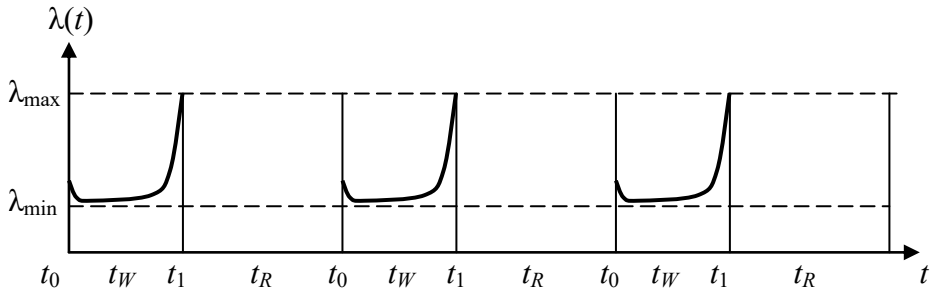


Рисунок 2.40 – График суточных изменений интенсивности отказов организма человека

t_W - работа; t_R - отдых.

Как видно из графика на рисунке 2.40, каждые сутки в течение времени t_W работы системы «человек – машина» происходят изменения термодинамического состояния организма человека от слабо неравновесного в начале работы к сильно неравновесному в конце.

За время отдыха t_R в организме человека происходит полное восстановление его состояния и с начала следующих суток процессы повторяются.

Наиболее благоприятным временем работы с точки зрения интенсивности отказов в большинстве случаев является работа, начинающаяся с утра, так как перед этим за время сна обычно происходит наиболее полное восстановление всех функций организма от предыдущих нагрузок.

При работе в вечернюю смену трудовой процесс начинается уже при начальной усталости, возникшей за время активной жизнедеятельности между

пробуждением и началом работы. При работе в ночную смену трудовой процесс начинается уже при значительной усталости и к концу достигает максимальной величины. На рисунке 2.41 представлены графики изменений интенсивности отказов в процессе работ в 1, 2 и 3 смены.

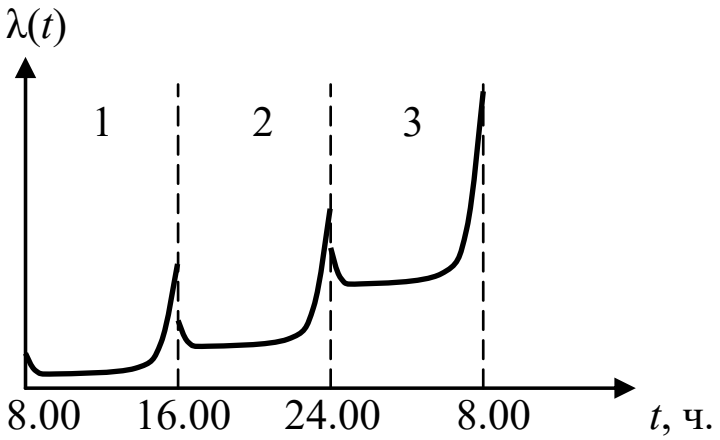


Рисунок 2.41 – Графики сравнительных суточных изменений интенсивности отказов человека при трехсменной работе.

$\lambda(t)$ – вероятность интенсивности отказов, t – время рабочих смен.

Как видно из графиков на рисунке 2.41, наименьшая интенсивность отказов приходится на первую смену, большая – на вторую, максимальная – на третью.

Среднее соотношение интенсивности отказов определяется условиями труда человека, техническими параметрами машины и условиями ее эксплуатации.

4.3.6. Природа и основные свойства человеческого фактора

Отказы человека в зависимости от степени состояния его организма, в принципе аналогичные изменениям состояния машин, приведенные в разделе 6.3.1, к большому сожалению, не являются исчерпывающими.

Еще одним источником отказов человека является человеческий фактор – свойство человека совершать заведомо неправильные и непредсказуемые действия либо принимать заведомо неправильные и непредсказуемые решения.

Природой человеческого фактора является наличие у человека огромного количества степеней свободы – огромное количество возможных разнообразных действий и решений, которые он может совершать или принимать под воздействием тех или иных источников информации, поступающих к нему из внешней среды либо являющихся результатом деятельности его органов и систем.

Кроме того, исключительную роль здесь играет свойство фенотипической адаптации к тем или иным нагрузкам, в результате чего в ряде случаев его реакция на опасные ситуации становится гораздо ниже на малозначительные ситуации, к которым он не адаптирован.

В качестве примера можно привести аварию с самолетом ТУ-154, происшедшую 10 апреля 2010 года под Смоленском, в которой погиб президент Польши Леха Качиньский и многие другие руководители страны. Опытный летчик, понимая и будучи адаптирован к смертельной опасности при посадке самолета в плохих погодных условиях, не посмел ослушаться президента, приказавшему ему произвести посадку.

Для обеспечения своей жизнедеятельности и обеспечения устойчивости своего неравновесного термодинамического состояния организм человека непрерывно воспринимает через свои органы чувств большой поток разнообразной информации как о собственном здоровье, так и его состоянии в окружающей среде, в том числе производственной.

В зависимости от количества, содержания, длительности, способа приема и условий получения информации и степени фенотипической адаптации к ним человек совершает те или иные действия и принимает те или иные решения.

Для обеспечения жизнедеятельности в живом организме в той или иной форме происходит анализ получаемой информации и он реагирует на наиболее приоритетные с позиций обеспечения максимальной устойчивости

неравновесного термодинамического состояния – состояния максимальной безопасности.

У человека анализ получаемой информации осуществляется центральной нервной системой с помощью таких ее свойств, как внимание и сосредоточенность.

В настоящее время такие понятия, как внимание и сосредоточенность в основном относятся к такой научной дисциплине, как психология.

Однако эти понятия традиционно рассматриваются психологами с позиций, практически оторванных от принципов, присущих точным наукам, в частности физике.

Величину вероятности отказов из-за человеческого фактора P_{N} можно представить как определенную долю общей вероятности отказов системы «человек – машина» P_N в виде выражения:

$$P_N = \sum k_N \cdot P, \tag{2.46}$$

где k_N – коэффициент значимости человеческого фактора в различных областях техносферы.

Для уменьшения значений k_N необходим тщательный учет биологических особенностей организма человека в процессе его трудовой деятельности.

Параметры человека, определяющие интенсивность его отказов, устанавливаются и оцениваются значительно сложнее: индивидуальные особенности организмов характеризуются очень большим разбросом роста, массы, работы внутренних органов, реакций на раздражители и нагрузки, умственных способностей, психологией и так далее.

Поэтому для выполнения работы с минимальной вероятностью отказов его нервная система должна быть настроена соответствующим образом: чувствительность к внешним и внутренним раздражителям, непрерывно

воздействующим на нее, и не связанным с работой, была бы минимальна, в то время как чувствительность к информации о выполняемой работе максимальна.

Иными словами, человек должен быть полностью сосредоточен на выполнении работы.

Однако из-за многочисленных сложных физиологических процессов, одновременно происходящих в организме человека, большого множества случайных источников информации, поступающих из внешней среды, и недолговременной работоспособности работа человека характеризуется низкой степенью надежности при любых процессах его трудовой деятельности.

В связи с этим все действия человека при выполнении им производственных заданий должны по мере возможности контролироваться.

В соответствии со сложившейся мировой производственной практикой в технологических процессах производства продукции всегда предусматриваются различные простые и многоступенчатые способы контроля и испытаний изготовленной продукции, начиная от визуального контроля и контроля выполнения технологических операций и заканчивая специальными контрольными прогонами, климатическими испытаниями и другими мероприятиями для выявления возможных скрытых дефектов.

При контроле передвижения транспортных средств в определенных случаях, например при эксплуатации воздушного и железнодорожного транспорта, предусмотрен контроль движения с помощью диспетчерских служб, наличием второго пилота или машиниста.

При контроле движения автотранспорта используются специальные автоматизированные системы контроля, дорожная полиция и т.д.

Другим путем уменьшения вероятности ошибок является дублирование источников информации и введение ограничений в выборе решений.

Например, при управлении автомобилем путем организации дорожного движения выбирается такой режим и условия движения транспортных средств, которые бы в максимальной степени обеспечивали его безопасность: ограничение скорости, дублирование светофоров и дорожных знаков, установка

дополнительных источников информации и предупреждающих табличек, дорожная разметка.

4.3.7. Решение проблем безопасности путем оптимизации и автоматизации функционирования систем «человек – машина»

Анализ современных технологий, применяемых в различных видах производства, транспортных системах и других отраслях показал, что широкое применение цифровых технологических и информационных систем в большинстве случаев обеспечивает исключительно высокую степень их надежности, что, в свою очередь, обеспечивает низкую вероятность наступления аварий из-за их неисправности и влияния на них человеческого фактора.

Отсюда следует, что при наступлении опасной ситуации предпочтение в принятии решений о выходе из нее следует отдавать машинам, а не человеку, так как в стрессовой ситуации он может принять ошибочные решения, несмотря на различные тренировки и обучение.

Традиционный путь решения проблем безопасности функционирования систем «человек – машина» обычно заключается в принятии прямых мер, направленных на конкретный источник опасности: шумоизоляция для уменьшения уровня шума, кондиционер для обеспечения нормальных условий в помещении, амортизатор для уменьшения вибрации и т.д.

Однако в большинстве случаев такие решения связаны с поиском компромиссов, так как прямое решение проблемы обычно связано с появлением новых.

Для поиска наиболее эффективных путей решения таких прлоблем целесообразно использование теории решения изобретательских задач, которая позволяет находить неочевидные решения.

4.4. Основные сведения из теории решений изобретательских задач (ТРИЗ)

4.4.1. О теории решений изобретательских задач

Решение проблем повышения безопасности в значительной степени определяются отсутствием очевидных путей для устранения проблемы.

Теория решения изобретательских задач была разработана Генрихом Сауловичем Альтшуллером.

Она представляет собой набор методов решения и усовершенствования технических задач и систем с помощью нахождения и решения технических противоречий.

Разработанная теория предусматривает несколько этапов в решении проблемы.

1 – сформулировать проблему таким образом, чтобы исключить бесперспективные решения.

2 – сформулировать конкретную мини-задачу, в результате решения которой достигается идеальный результат.

Основная идея мини-задачи состоит в том, чтобы избегать существенных (и дорогих) изменений и рассматривать в первую очередь простейшие решения.

Формулировка мини-задачи способствует более точному описанию задачи:

- Из каких частей состоит система, как они взаимодействуют?

Какие связи являются вредными, мешающими, какие — нейтральными, и какие — полезными?

Какие элементы, узлы и связи можно изменять, и какие — нельзя?

- Какие изменения приводят к улучшению системы, и какие — к ухудшению?

В результате должно обнаруживаться, что попытки изменений с целью улучшения одних параметров системы приводят к ухудшению других параметров. Например, увеличение силы сжатия пружины приводить к ухудшению ее виброгасящих свойств.

ТРИЗ выделяет 3 вида противоречий (в порядке возрастания сложности разрешения):

- административное противоречие: *«надо улучшить систему, но я не знаю как (не умею, не имею права) сделать это»*. Это противоречие является самым слабым и может быть снято либо изучением дополнительных материалов, либо принятием административных решений.

- техническое противоречие: *«улучшение одного параметра системы приводит к ухудшению другого параметра»*. Техническое противоречие — это и есть постановка **изобретательской задачи**. Переход от административного противоречия к техническому резко понижает размерность задачи, сужает поле поиска решений и позволяет перейти от метода проб и ошибок к алгоритму решения изобретательской задачи, который либо предлагает применить один или несколько стандартных технических приёмов, либо (в случае сложных задач) указывает на одно или несколько физических противоречий.

- физическое противоречие: «для улучшения системы какая-то её часть должна находиться в разных физических состояниях одновременно, что невозможно». Физическое противоречие является наиболее фундаментальным, потому что изобретатель упирается в ограничения, обусловленные физическими законами природы. Для решения задачи изобретатель должен воспользоваться справочником физических эффектов и таблицей их применения.

Алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ) представляет собой последовательность действий по выявлению и разрешению противоречий в решаемой задаче путем выявления истинных причин противоречия и устранения их.

АРИЗ включает:

- программу;

- информационное обеспечение, использующее информационный фонд, содержащий технологические эффекты (физические, химические, биологические и математические, ресурсы природы и техники и способов их использования, системы стандартов на решение изобретательских задач, методы управления психологическими факторами, которые входят составной частью в методы развития творческого воображения.

Учет закономерностей функционирования организма человека на нагрузки при решении изобретательских задач позволяет находить решения, обеспечивающие необходимый уровень безопасности.

4.4.2. Примеры решений проблем безопасности с помощью ТРИЗ

Решение проблемы вибрации переносных пневматических перфораторов для бурения шпуров

Бурение шпуров переносными пневматическими перфораторами для буровзрывных работ на карьерах и шахтах считается одной из самых тяжелых и вредных работ.

Пневматический перфоратор представляет собой машину, в которой поршень-ударник под действием сжатого воздуха производит удары по буровой штанге, которая передает энергию ударов в разрушаемую породу.

На рисунке 2.42 показан процесс бурения шпура.

На рисунке 2.43 показан внешний вид перфоратора на пневматической поддержке для бурения горизонтальных шпуров.

Рисунок 2.42 - Бурение шпура вертикально вниз

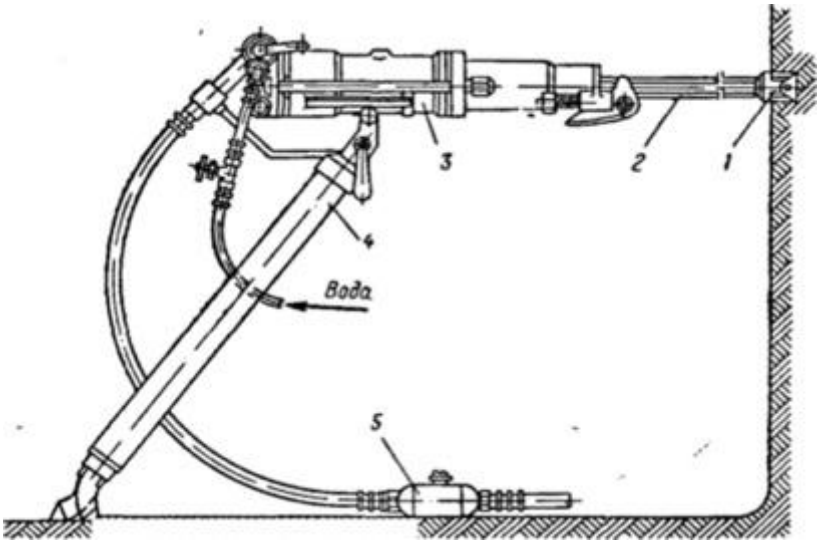


Рисунок 2.43 – Перфоратор на пневматической поддержке для бурения горизонтальных и наклонных шпуров

1 – буровая коронка, 2 – буровая штанга, 3 – пневматический перфоратор, 4 – пневматическая поддержка.

Масса пневматического перфоратора достигает 45 кг (вместе со шлангами, буровой штангой и буровой коронкой.

Для высокой скорости бурения необходимо нажимать на перфоратор с силой порядка 1200 Н с учетом силы тяжести перфоратора при бурении шпуров вертикально вниз, и усилия пневмоподдержки при бурении горизонтальных и наклонных шпуров, что бурильщик выполнить не может.

Вибрация рукояток перфоратора многократно превышает допустимые нормы, также как и шум. В шахтах уровень шума достигает 117 дБА при допустимом 85 дБА (масштаб логарифмический). Кроме того, на рабочем месте высокий уровень пыли или влаги, масляные аэрозоли и т.д.

Основным вредным источником является вибрация.

Поэтому для ее уменьшения были разработаны различные виброгасящие рукоятки, в основе конструкций которых было использование упругие элементы, в основном пружины. Однако при больших усилиях подачи пружины сжимались, их жесткость возрастала, а эффективность уменьшения вибрации падала. Для бурения горизонтальных и наклонных шпуров были разработаны податчики массой от 80 кг, что значительно увеличивало тяжесть работ, а также мощные буровые многотонные установки, требующие значительного увеличения вспомогательных работ для их передвижения. На рисунке 2.44 показан внешний вид установки УБШ-207 компании Nova-Tec.

Рисунок 2.44 – Буровая установка УБШ-207

Для решения этой проблемы нами были проведены детальные исследования системы «бурильщик-перфоратор», в результате которых были

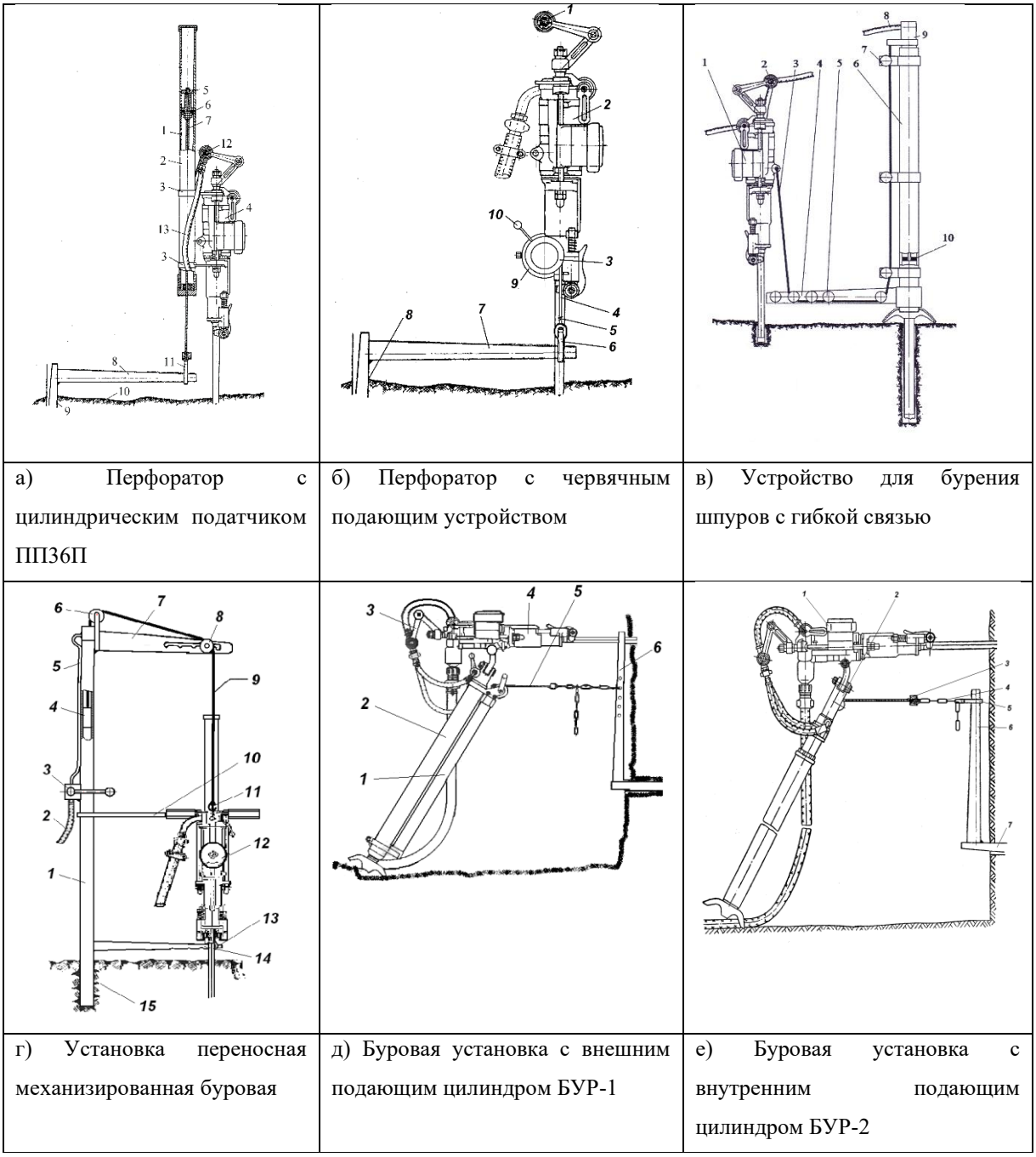
установлены закономерности функционирования каждого элемента этой системы и составлена ее математическая модель.

В результате проведенных исследований было установлено, что решение проблемы уменьшения вибрации рукояток может быть достигнуто путем механизации усилия подачи перфоратора при условии сохранения его массы. Кроме того, такое решение приводит и к значительному повышению скорости бурения шпуров.

Кроме того, при этом нет необходимости устанавливать рукоятку перфоратора на его корпусе, в результате чего она будет полностью изолирована от вибрирующего корпуса. На основании полученных результатов был разработан ряд новых конструкций вибробезопасных высокопроизводительных перфораторов.

На рисунках 2.45 и 2.46 показаны некоторые конструкции этих перфораторов.

Рисунок 2.45 – Пневматический перфоратор с виброизолированной рукояткой



а) Перфоратор с цилиндрическим податчиком ПП36П	б) Перфоратор с червячным подающим устройством	в) Устройство для бурения шпуров с гибкой связью
г) Установка переносная механизированная буровая	д) Буровая установка с внешним подающим цилиндром БУР-1	е) Буровая установка с внутренним подающим цилиндром БУР-2

Рисунок 2.46 – Буровые установки с подающими устройствами

4.5. Решения проблем уменьшения вероятности дорожно-транспортных происшествий

Исследования причин нарушения водителями правил дорожного движения были основаны на анализе законов функционирования центральной нервной системы с позиции термодинамики биологических систем.

Некоторые примеры технологии управления автотранспортным средством приведены в таблице 2.2.

4.5.1. Анализ технологии управления автотранспортным средством

Таблица 2.2 – Примеры технологии управления автотранспортным средством

	Источник информации	Содержание операции
Маневр: Начало движения		
1	Левое боковое зеркало	Убедиться в отсутствии попутных автотранспортных средств
2	Салон	Включить указатель поворота налево,
3	Салон	включить передачу
4	Левое боковое зеркало	Убедиться в отсутствии попутных автотранспортных средств
5	Лобовое стекло	Убедиться в наличии безопасного расстояния до переднего автотранспортного средства
6	Лобовое стекло	Начать движение
7	Салон	Отключить указатель поворота налево
	Движение прямо	
1	Лобовое стекло	Контроль расстояния до переднего транспортного средства
2	Лобовое стекло	Контроль светофоров

3	Лобовое стекло	Контроль дорожных знаков
4	Зеркало заднего вида	Расстояние до заднего транспортного средства
5	Салон	Контроль скорости
Маневр: Обгон		
1	Лобовое стекло	Убедиться в отсутствии запрещающих знаков и разметки
2	Салон	Включить указатель поворота
3	Лобовое стекло	Убедиться в необходимом безопасном расстоянии до встречного транспорта
4	Боковое зеркало заднего вида	Убедиться в отсутствии попутного транспорта по соседней полосе
5	Лобовое стекло	Убедиться в наличии достаточного расстояния между обгоняемым транспортным средством и транспортным средством перед ним
6	Салон	Проверить скорость транспортного средства
7	Интуиция	Оценить достаточность времени для совершения маневра
8	Лобовое стекло	Занять полосу для обгона
9		Опередить обгоняемое автотранспортное средство

10	Боковое зеркало заднего вида	Убедиться, что расстояние до обгоняемого автотранспортного средства достаточно, чтобы занять полосу перед ним
11	Салон	Переключить указатель поворота
12	Лобовое стекло	Перестроиться в исходную полосу
13	салон	Отключить указатель поворота
Маневр: Перестроение в соседнюю полосу		
1	Салон	Включить указатель поворота
2	Боковое зеркало заднего вида	Убедиться в безопасном расстоянии до попутных автотранспортных средств, движущихся сзади по соседней полосе
3	Лобовое стекло	Произвести перестроение в соседнюю полосу
4	Салон	Отключить указатель поворота

Как видно из таблицы 1, для обеспечения безопасного движения водитель должен непрерывно контролировать дорожную ситуацию, выполняя при этом целый ряд необходимых операций, особенно при выполнении маневров.

При этом ряд операций водителем выполняется на основании своего опыта и технических параметров автотранспортного средства, в связи с чем вероятность его ошибки достаточно высока, что и подтверждается статистикой.

Здесь необходимо обратить внимание на тот факт, что правила дорожного движения составлены таким образом, чтобы при наступлении ДТП виновником всегда признается водитель.

Кроме технологии управления автотранспортным средством, существенную роль играют технические параметры автотранспортных средств и автомобильной дороги.

Сравнительный анализ технических параметров автотранспортных средств показал следующее.

Автотранспортные средства рассчитаны для всех водителей, по состоянию здоровья соответствующих медицинским требованиям. При этом автотранспортные средства имеют существенные различия по техническим характеристикам, существенно влияющим на безопасность дорожного движения, в частности тормозной путь, шум в салоне, максимальная скорость, эргономические параметры и другие. Разнообразие автотранспортных средств, выпускаемых мировой промышленностью, в основном ориентирована на потребительский спрос, не в полной мере учитывая безопасность своей продукции. В качестве примеров можно привести несколько моделей новейших разработок.

4.5.2. Анализ основных технических параметров автотранспортных средств

Легковые автомобили

Основные технические характеристики автомобиля Geely Atlas 2023 FX11 представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Основные технические характеристики автомобиля Geely Atlas 2023 FX11

Мощность, л.с.	200
Масса, кг	1645
Количество мест	5
Расход топлива, л/100 км	7.4
Используемое топливо	АИ95
Максимальная скорость, км/ч	215

В таблице 2.4 представлены основные технические параметры автомобиля Hyundai H-1.

Таблица 2.4 – Основные технические параметры автомобиля Hyundai H-1

Объём двигателя:	2497
Мощность:	136 л.с
Разгон до 100км/час:	22.0 с
Максимальная скорость:	154 км/ч
Расход в смешанном цикле:	7.0/100 км

Основные технические характеристики автомобиля Honda Civic Type R 2.0 MT представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Основные технические характеристики автомобиля Honda Civic Type R 2.0 MT

Объем двигателя, куб.см	1996
Мощность двигателя, л.с.	330
Время разгона 0-100 км/ч, с	5.7
Максимальная скорость, км/ч	272

Грузовые автомобили

В таблице 2.6 представлены основные технические характеристики автомобиля Volvo FH460.

Таблица 2.6 – Основные технические характеристики автомобиля Volvo FH460

Тип кабины	2-х местная с 2 спальными местами
Объём двигателя, $см^3$	12800 $см^3$
мощность	
Количество передач	12
Масса без нагрузки, кг	7200
Грузоподъемность, кг	30000
Максимальная масса автопоезда, кг	45000

Основные технические характеристики автомобиля Mercedes-Benz Axor представлены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Основные технические характеристики автомобиля Mercedes-Benz Axor

Тип кабины	2 места + 2 сп. места
Объем двигателя, л	12
Мощность , л.с.	360
Полная масса, кг	18000
Грузоподъемность, кг	10369
Масса снаряженного	7800

4.5.3. Анализ систем безопасности автомобилей

Системы безопасности автомобилей содержат две группы: системы активной безопасности и системы пассивной безопасности

4.5.3.1. Системы активной безопасности

Основные системы

- Антиблокировочная система тормозов (ABS или АБС) с высокой частотой обеспечивает включение и отключение тормозов. При сцеплении колеса с дорогой происходит замедление автомобиля. При проскальзывании колеса тормоз отключается и автомобиль получает возможность управления.

- Система курсовой устойчивости совместно с с АБС и притормаживает одно из четырех колес в случае потери автомобилем заданной траектории движения.

- Система распределения тормозных усилий, входящая в состав электронных блоков управления, в которой масса датчиков передает информацию о скорости автомобиля, положительном или отрицательном

ускорении, угловой скорости в случае возникновения вероятности вращение автомобиля вокруг вертикальной оси соответствующие сигналы поступают на исполнительные механизмы.

- Система экстренного торможения отслеживает скорость перемещения педали тормоза. В случае определения недостаточных действий водителя она автоматически увеличивает давление в системе, увеличивая эффективность действий водителя, и включает аварийку на три моргания для информирования водителей задних автомобилей.

- Электронная блокировка дифференциала в основном применяется в тяжелых и полноприводных автомобилях, а также в спортивных версиях.

- Внешние световые приборы не только помогают безопасно управлять автомобилем в условиях недостаточной видимости, но и другим участникам дорожного движения обозначают наше транспортное средство на дороге.

Вспомогательные системы

- Электромеханический стояночный тормоз автоматически фиксирует автомобиль при его полной остановке, и автоматически же снимая его с ручника, когда нога водителя касается педали акселератора.

- Парктроник обеспечивает контроль расстояния до соседних автомобилей при парковке.

- Адаптивный круиз-контроль контролирует скорость дорожного потока и расстояние до впереди идущего автомобиля, прибавляя или снижая скорость своего собственного авто сообразно скорости соседей по потоку.

- Система помощи при трогании на подъём.

- Система помощи при спуске с горы не позволяет сорваться автомобилю в юз на скользком (грязном) покрытии.

- Система обнаружения помехи в «слепых зонах» позволяет обнаружить соседей по потоку справа-сзади и/или слева-сзади.

- Система автоматической парковки обеспечивает парковку автомобиля в автоматическом режиме без участия водителя.

- Адаптивная система безопасности контролирует безопасное расстояние до переднего автомобиля с учетом мгновенных значений технических параметров, скорости, тормозного пути, состояния дорожного полотна как переднего, так и своего автомобиля.

4.5.3.2. Системы пассивной безопасности

Системы пассивной безопасности включают в себя

- Прочная конструкция пассажирского салона.

- энергопоглощающие кузовные элементы, смягчающие удар при ДТП.

1. - Защита от проникновения силовой установки (двигателя и КПП), а также других агрегатов трансмиссии и ходовой части в салон и увод их под днище автомобиля.

– Мягкие бамперы.

- Ремни безопасности.

- Широкие дверные пороги и поперечные брусья безопасности в дверях для защиты от бокового удара.

- Подушки безопасности

- складывающиеся рулевые колонки

- травмобезопасные педальные узлы.

- Активные подголовники

- Сминаемые и/или мягкие элементы внутренней отделки интерьеров салона

- Многослойные поликарбонатные стекла окон.

- Системы Эра-Глонасс и подобные им, которые оповещают экстренные службы о факте происшествия.

4.5.4. Эффективность систем безопасности

Как видно из приведенных материалов, транспортные средства различного назначения и различных технических характеристик при совместном движении по автомобильным дорогам общего пользования находятся в неравных условиях. При этом производство легковых автомобилей с применением двигателей большой мощности и развивающими скорость, значительно большую допустимой правилами дорожного дижения провоцируют водителей к их нарушению. Как показывает статистика, в подавляющем большинстве случаев напушения касаются превышением допустимой скорости.

При этом системы безопасности, которыми оснащены автомобили, становятся малоэффективными.

В то же время автомобили не оснащаются системами предупреждения о превышении допустимой скорости и системами ограничения допустимой скорости.

4.6. Анализ безопасности автомобильных дорог

Как было показано выше, автомобильные дороги проектируются, строятся и содержатся в соответствии с утвержденными документами. При этом также в соответствии с нормативными документами производится организация дорожного движения.

Однако, как показывает статистика, даже в случаях максимального соответствия этих дорог новейшим разработкам в части безопасностидорожного движения, на таких дорогах систематически происходят дорожно-транспортные происшествия.

В качестве примера может быть рассмотрена аварийность на кольцевой автодороге (КАД) вокруг Санкт-Петербурга.

На рисунке 2.47 и 2.48 показаны схема о общий вид КАД.

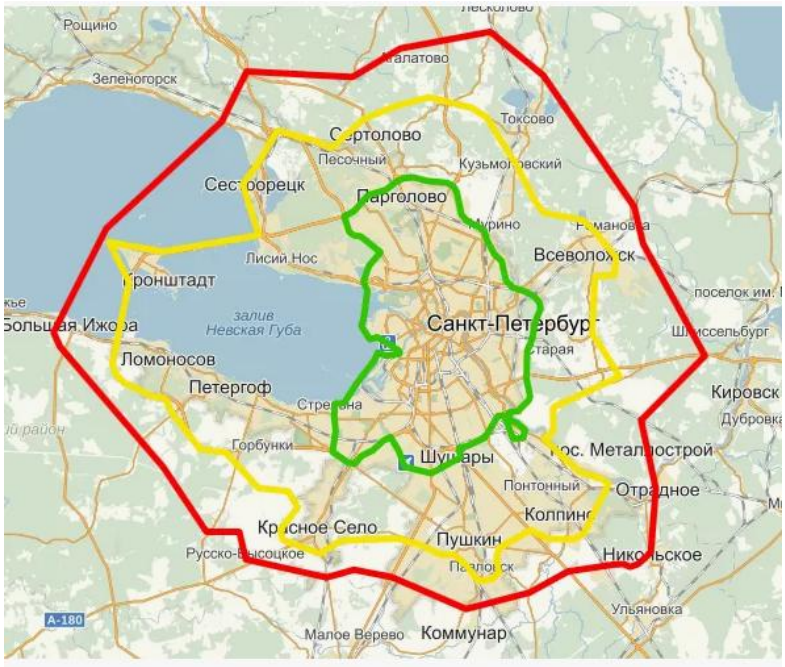


Рисунок 2.47 – Схема КАД

Рисунок .482 – Кольцевая автомобильная дорога вокруг Санкт-Петербурга

Некоторые технические параметры кольцевой автомобильной дороги (КАД) вокруг Санкт-Петербурга (А118)**:**

- Общая наземная длина — 116,75 км, с учётом участка, проходящего по Комплексу защитных сооружений Петербурга от наводнений, — 142,15 км**.**

- Протяжённость восточного полукольца — 66,07 км, западного полукольца — 50,68 км.
- Категория дороги — IA (автомагистраль) на всём протяжении.
- Количество полос движения — 4–8:
  - от Приморского шоссе до съезда на ЗСД (11 км) — 4 полосы (предполагается увеличение до 6 полос);
  - от съезда на ЗСД до проспекта Культуры (17 км) — 6 полос;
  - от проспекта Культуры до Таллинского шоссе (51 км) — 8 полос;
  - от Таллинского шоссе до Приморского шоссе (62 км, включая участок по КЗС длиной 25,4 км) — 6 полос.
- Количество транспортных развязок — 26.
- Количество мостов, путепроводов, эстакад и тоннелей — 106.
- Вдоль дороги предусмотрены места для вертолётных площадок.
- На дороге установлено 288 камер контроля скорости.
- Установлены опоры со знаками переменной информации.
- Разрешенная скорость – 110 км/ч.

Как видно из приведенных данных, эта магистраль отвечает самым современным требованиям в части технического оснащения и организации дорожного движения. И тем не менее на этой магистрали систематически происходят дорожно-транспортные происшествия.

Основной проблемой такой ситуации является фенотипическая адаптация водителей, в результате которой уже через несколько минут после въезда ка КАД водитель перестает ощущать скорость движения и необходимую дистанцию до переднего автомобиля.

При этом у него значительно возрастает время реакции на неожиданную ситуацию, например остановившийся впереди автомобиль.

Как показали исследования, в стоящий на КАД автомобиль врежутся не позднее чем через 5-8 минут. Основной причиной такой ситуации является недостаточный учет физиологических свойств водителей как при разработке автотранспортных средств, так и при организации дорожного движения.

Основным недостатком автотранспортных средств является отсутствие технических средств, обеспечивающих их эффективную защиту от столкновения с учетом всех факторов, влияющих на тормозной путь при экстренном торможении. Одним из решений этой проблемы является методика и электронная система оценки физиологического состояния водителей по динамике изменения функциональных сдвигов на примере измерения динамики интервалов между систолами при контрольных нагрузках, а также система контроля безопасности дорожного движения, непрерывно фиксирующая и анализирующая мгновенные основные параметры условий дорожного движения своего автотранспорта, а также движущегося впереди, обеспечивая безопасную скорость и дистанцию между ними. На рисунках 2.49 и 2.50 представлены структурная схема этой системы и схема взаимодействия между соседними автотранспортами.

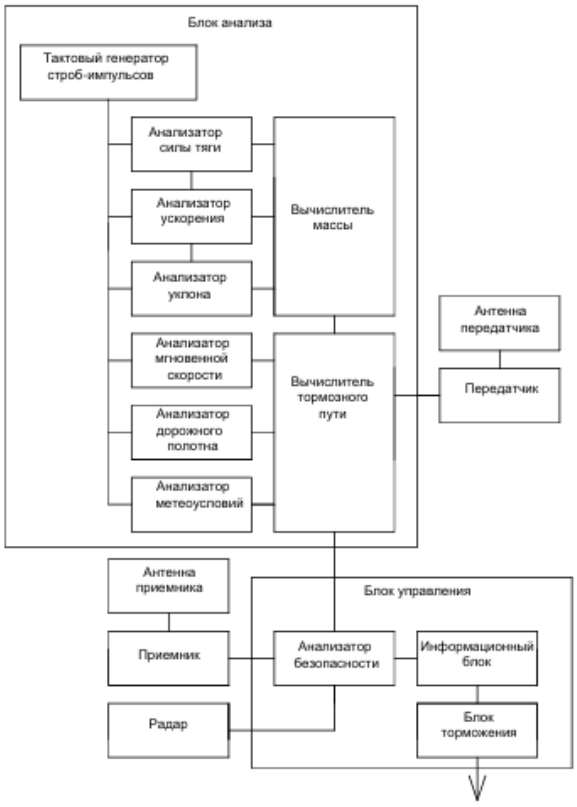


Рисунок 2.49 – Структурная схема системы контроля безопасности дорожного движения

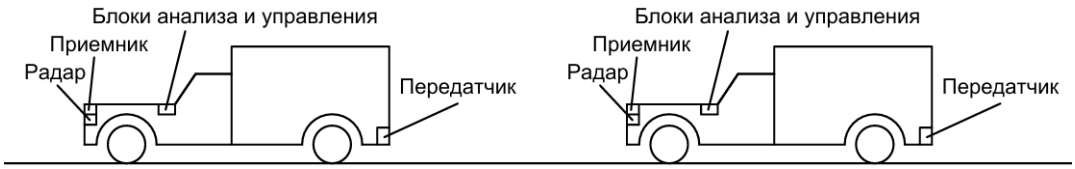


Рисунок 2.50 – Схема взаимодействия между соседними автотранспортами средствами

Как видно из рисунков 49 и 250, системой контролируются мгновенные основные параметры условий дорожного движения своего и движущегося впереди автотранспорта, по которым определяется допустимая скорость движения и безопасная дистанция между ними. Разработанное устройство не требует каких-либо изменений в конструкциях автотранспортных средств, кроме систем торможения. В связи с этим для оперативных мер повышения безопасности дорожного движения установка таких устройств может быть потребована в обязательном порядке на законодательном уровне. В равной степени из-за физиологических особенностей водителей происходят дорожно-транспортные происшествия при пересечении перекрестков и при перестроениях из ряда в ряд, когда требуется особая внимательность.

Эффективность привлечения водителей за нарушения правил дорожного движения к административной и уголовной ответственности недостаточно эффективны, как следует из статистики. При рассмотрении уголовных дел, связанных с дорожно-транспортными происшествиями, судьи трактуют эти события как результат неосторожного управления автотранспортным средством, в результате чего назначаются незначительные наказания.

Таким образом, существующие пути не обеспечивают значительного повышения безопасности дорожного движения.

По нашим представлениям таким путем может быть полная автоматизация управления автотранспортными средствами, в осуществлении которой в настоящее время направлены усилия многих ведущих фирм.

Список литературы

Ашоф Ю. Биологические ритмы. В 2-х томах. Том 2. М. Изд-во «Мир». 1984. 262 с.

Бауэр Э.С. Теоретическия биология. М-Л, ВИЭМ. 1935. 151 с.

Бубнова М.Г. и др. Оосновы доказательной медицины. Учебное пособие. М. Изд-во «Силицея-Полиграф».2010. 135 с.

Дармов И.В. Общая биология. Учебное пособие. Киров. ФГБОУ ВПО «ВятГУ», 2014. 105 с.

Доброборский Б.С. Термодинамика биологических систем. СПб.: СПбГМА им. И.И. Мечникова. 2006. 52 с.

Доброборский Б.С. Безопасность машин и человеческий фактор. Под ред. д.т.н., проф. С.А. Волкова. СПб. СПбГАСУ, 2011. 114 с.

Доброборский Б.С., Вдовиченко П.А. Повышение безопасности труда водителей технологического автотранспорта. Грузовик. №: 8, 2024 с. 43-47.

Евтюков С.А. и др. Пикладная экология в дорожном строительстве. Под ред. проф. Г.А. Рябинина. СПб. Изд. ДНК. 2009. 896 с.

Евтюков С.А., Васильев Я.В. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий СПб. ДНК. 2004. 280 с.

Евтюков, С. С, Голов Е. В., Сорокина Е. В. Организация и безопасность дорожного движения. СПб. ИД «Петрополис», 2023. 236 с.

Ельникова О.Е. Общая психология в схемах и таблицах: учебное пособие. – Елец: ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», 2017. 59 с.

Итоговый доклад парламентской комиссии по расследованию обстоятельств, связанных с возникновением чрезвычайной ситуации техногенного характера на Саяно-Шушенской ГЭС 17 августа 2009 года м. 2009. URL: http://council.gov.ru/activity/analytics/publications/431/

Карвасарский Б.Д. Клиническая психология. Учебник. (2004 г.). Изд. Питер 2024. 896 с.

Каюмова А.Ф. и др. Уфа: Изд-во ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России, 2017. 61 с.

Киреева З.А. Методы психологического исследования. Учебное пособие. Курган. Изд-во Курганского гос. ун-та, 2014. 186 с.

Ковтун Н.А., Торопов Д.А. Вменяемость и ее критерии в теории и практике применения уголовного законодательства. Ученые записки Казанского юридического института МВД России 2022 Том 7 № 2 (14). С. 39 – 44.

Колесник Н. Т., Орлова Е. А., Ефремова Г. И. Клиническая психология. Учебник для ВУЗов. Под редакцией Ефремовой Г. И. 4-е издание. Москва. Юрайт. 2025. 28 с.

Минтранс РФ. Приказ от 16 октября 2020 года N 424 Об утверждении Особенностей режима рабочего времени и времени отдыха, условий труда водителей автомобилей. URL: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=430965.

Нефедьев А. И., Нефедьев Д. И., Безбородов С. А., Гусев В. Г. Контроль состояния водителя во время движения автотранспортного средства. Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2021, № 2. С. 60 – 65.

Петерсон Б. Почему затонул лайнер Costa Concordia. URL: ttps://www.techinsider.ru/technologies/12692-khronika-gibeli-laynera-drama/

Ретнев В.М., Ганин А.П., Петрук Ю.А. и др. Под ред. В.М. Ретнева. Гигиена труда водителей пассажирского городского транспорта. Москва. Медицина, 1979. 175 с.

Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда Р 2.2.2006-05. URL: https://rosugleprof.ru/docs/OT42.pdf

Владимирова С. Г. Шкала Давида Векслера: настоящее и будущее в решении проблемы измерения интеллекта. Ярославский педагогический вестник – 2016 – № 2. С 122 – 126.

Цепелев В.С, Тягунов Г.В., Фетисов И.Н. Безопасность жизнедеятельности в техносфере. Учебное пособие в 2 частях. 4-е изд., Екатеринбург. Изд-во Урал. ун-та, Часть 1. 2024. 130 с.

Чванов В.В. Методы оценки безопасности дорожного движения, основанные на анализе режимов движения автомобилей // Дороги и мосты, сборник ст. /ФГУП РОСДОРНИИ, 2011. Вып. 262. с. 243 – 260.

Dobroborskiy B.S. The hypothesis about the nature of thermal radiation/ The world scientific review. № 82. 15.01.2025. URL: https://worldscientificreview.net/the-hypothesis-about-the-nature-of-thermal-radiation.