

*На правах  
рукописи*



**СОРОКИН**  
Геннадий Александрович

**МЕТОДОЛОГИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ  
ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ РАБОЧЕГО ДНЯ И НЕДЕЛИ  
НА ОСНОВЕ ХРОНОБИОЛОГИИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ  
И УТОМЛЕНИЯ**

14.02.04 – медицина труда

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора биологических наук

Санкт-Петербург  
2019

Работа выполнена в Федеральном бюджетном учреждении науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

Научный консультант **Шилов Виктор Васильевич**  
доктор медицинских наук, профессор

Официальные оппоненты: **Гурвич Владимир Борисович**  
доктор медицинских наук / научный руководитель ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промышленных предприятий» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

**Бубеев Юрий Аркадьевич**  
доктор медицинских наук, профессор/  
руководитель отдела психологии и психофизиологии ФГБУН «Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем» Российской академии наук

**Пенина Галина Олеговна**  
доктор медицинских наук, доцент/  
проректор по учебной и научной работе ФГБУ ДПО «Санкт-Петербургский институт усовершенствования врачей-экспертов» Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный медицинский университет» министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита состоится «25» мая 2020 года в 11.00 часов на заседании диссертационного совета Д 001.012.01 при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова» по адресу: 105275, г. Москва, Проспект Буденного, д. 31

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ «НИИ МТ», а также на официальном сайте ФГБНУ «НИИ МТ» - [www.irioh.ru](http://www.irioh.ru)

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 года

Учёный секретарь  
диссертационного совета,  
доктор биологических наук, профессор

Рубцова Нина Борисовна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследований.** Законодательное регулирование продолжительности рабочего дня (ПРД) и рабочей недели (ПРН), нормирование интенсивности труда (ИТ) – нормы труда, показывают их приоритет не только среди многочисленных временных характеристик труда, но и среди других факторов – экологических, организационных, психологических. В последние десятилетия сокращается доля лиц с традиционным режимом труда – 40 часовая 5-ти дневная рабочая неделя с 8-ми часовым рабочим днем, растет доля режимов с удлиненной ПРД и ПРН с разным количеством рабочих дней в неделю. Интенсивность труда часто является основным источником риска переутомления как рабочих, так и специалистов, руководителей, в т.ч. врачей, школьных преподавателей. Вместе с тем до сих пор отсутствует методология и подходы к определению физиологической стоимости и гигиенической допустимости режимов с различными сочетаниями ИТ с ПРД и ПРН. Результаты многочисленных исследований производительности труда работников при различных ПРД и ПРН являются неполноценными для медицины труда, поскольку в них отсутствовала единая шкала измерения и оценки интенсивности трудового процесса и не учитывались профессиональные риски, обусловленные режимами труда, неадекватными восстановительной способности организма человека.

Сохраняющиеся свыше 120 лет методологические и методические трудности проблемы гигиенической оценки сочетаний трёх основных хронометрических параметров режима труда связаны с отходом физиологии и медицины труда от хронобиологического направления исследований, интенсивно проводившихся в 10-30-х годах прошлого века, когда ПРД, ПРН, ИТ рассматривались как основные показатели работоспособности человека и как первоочередные детерминанты

утомления и профессионального риска. Позже в монографиях о хронобиологических аспектах физиологии и медицины труда (Смирнов К.М., 1980, Медведев В.И., 1988; Комаров Ф.И., Доскин В.А., 1989, Атьков О.Ю., Цфасман А.З., 2019) акцентировались вопросы суточного ритма, проблема хронобиологии утомления и работоспособности как вопрос об определении физиологически допустимых сочетаний интенсивности труда с ПРД и ПРН не рассматривалась. До сих пор недостаточно изучен вопрос об установлении продолжительностей ПРД и ПРН, превышение которых представляет риск для здоровья работающих (Bloodworth C. et al., 2001; Gander P. et al., 2008; Dembe A.E. et al., 2009; Wagstaff A.S., 2011; Conway S.H., Pompeii L.A. et al., 2017). Об актуальности проблемы свидетельствуют исследования необходимости восстановления работников («need for recovery», Jansen N.V. et al., 2002; Kivimäki M. Et al., 2006; Croon E.M. et al., 2006), изучение дефицита времени у населения (Burchardt T., 2008; Lawson D.A., 2008) и разработки систем управления риском утомления (Fatigue Risk Management Systems).

В монографиях Jackson S., Lones R. (1998) и Boisard P. et al. (2008) указывается на множество методологических трудностей, возникающих при изучении связи интенсивности труда с риском нарушения здоровья работников и отсутствие полезной литературы по этой проблеме. На эти трудности ещё в 1922 году указывал Н.А. Вигдорчик, предложивший формулу работоспособности человека в течение года, аргументами которой являлись физиологическая интенсивность труда, продолжительность рабочего времени и временная утрата трудоспособности вследствие заболеваний работников. Однако, до сих пор не решена задача Н.А. Вигдорчика – выяснить, какие, каким образом и когда сочетания параметров ИТ с ПРД и ПРН становятся источником риска хронического нарушения здоровья работников.

**Степень разработанности темы исследования.** До настоящего времени из-за методологических и методических трудностей изучение физиологической стоимости различных сочетаний ИТ с ПРД и ПРН проведено фрагментарно и недостаточно. Отсутствует физиологическая интерпретация основных понятий «темп работы» и «интенсивность труда», а понятие «работоспособность» анализируется с позиции критерия экономической эффективности (количество и качество результата труда). Не решены методологические и методические вопросы гигиенической оценки интенсивности труда с позиции профессионального риска.

**Цель исследования** – Разработка и научное обоснование методологии определения оптимальной продолжительности рабочего дня и недели на основе изучения хронобиологических закономерностей взаимосвязи работоспособности, утомления и состояния здоровья работающих.

#### **Задачи исследования**

1. Установить диапазоны физиологических интервалов трудовых движений, действий при зрительной и умственной работе человека в зависимости от:

- степени мобилизации лабильности функциональных систем трудовых действий;
- уровня усвоения ритма трудовых действий при обучении и тренировке;
- индивидуальных различий времени трудовых действий (возраст, пол).

2. Выявить закономерности изменений функционального состояния и работоспособности человека в течение рабочего дня в зависимости от плотности и темпа физического, зрительного и умственного труда при разной продолжительности рабочего дня.

3. Проанализировать и оценить стажевую динамику показателей функционального состояния и здоровья работников при различных

сочетаниях физиологической интенсивности трудового процесса с продолжительностью рабочего дня и недели.

4. Провести физиологическую оценку используемых на практике методов измерения темпа работы и, прежде всего, оценку зарубежных и отечественной систем нормативов времени на движения и реакции человека (Work Factors; Method Time Measurement; Базовая система микроэлементных нормативов времени).

5. Обосновать определение и гигиеническое нормирование двух интегральных показателей: «сменной интенсивности» как показателя, обобщающего плотность (П) и темп (Т) трудового процесса в течение рабочего дня, и «недельной интенсивности» как показателя, объединяющего плотность и темп трудовых действий с продолжительностями рабочего дня и рабочей недели.

6. Разработать нормативы сдвигов частоты сердечных сокращений в течение рабочего дня для оценки интенсивности физического труда локального, регионального и общего характера.

7. Обосновать использование показателя «часы усталости» для интегральной оценки частоты, выраженности и продолжительности состояния усталости, возникающей в рабочие дни.

8. Разработать методики определения суточного, недельного и годового дефицита отдыха у работающих при разных сочетаниях физиологической интенсивности трудового процесса с продолжительностями рабочего дня и недели.

9. Разработать экспресс-методы выявления и оценки риска хронического двигательного, зрительного и неспецифического переутомления работников.

10. Обосновать и сформулировать хронобиологический критерий и шкалу оценки динамики риска хронического нарушения здоровья работающих в зависимости от стажа по данным анамнестического опроса,

учета заболеваемости с временной утратой трудоспособности и по данным периодических медицинских осмотров.

**Научная новизна** диссертационной работы состоит в хронобиологическом подходе к определению и анализу основных понятий физиологии труда (работоспособность, утомление, интенсивность и темп трудового процесса) и к разработке критерия и шкалы оценки сочетаний ИТ с ПРД и ПРН (годовой прирост риска). Впервые с хронобиологической позиции проведено исследование интенсивности трудовых процессов в кратковременном и долговременном масштабах – трудовое действие, комплексы действий, рабочий день, рабочая неделя, стажевой период. Установлено значение для оценки уровня темпа трудового процесса диапазона его физиологического интервала, диапазона усвоения ритма при обучении и диапазона индивидуальных различий работников.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Разработана методология анализа и оценки сочетаний ИТ с ПРД и ПРН. Предложен универсальный критерий «годовой прирост риска» и шкала, которые могут использоваться не только для оценки вредности физиологически неадекватных сочетаний ИТ с ПРД и ПРН, но и для оценки вредности любых профессиональных и непрофессиональных факторов для здоровья работающих.

Полученные результаты использованы: при разработке гигиенических нормативов физиологической интенсивности труда; при разработке методов прогнозирования и профилактики функционального перенапряжения при физической, зрительной и умственной нагрузке; при разработке методов оценки профессионального риска по стажевой динамике вероятности синдрома хронической усталости (переутомления); по динамике заболеваний с временной утратой трудоспособности (ЗВУТ); по динамике частоты хронических общесоматических заболеваний, выявляемых при медицинских осмотрах работников. Проведена оценка универсальных

нормативов времени на движения и реакции человека. Разработаны гигиенические нормативы интенсивности трудового процесса за рабочий день и неделю.

**Методология и методы исследования.** Разработанная методология оценки сочетаний ИТ с ПРД и ПРН включает:

- определение понятий утомление, работоспособность, темп трудовых действий: утомление – функциональное состояние, целевым диагностическим признаком которого является дефицит отдыха; работоспособность – совокупность гигиенически безопасных сочетаний ИТ с ПРД и ПРН; темп работы – степень мобилизации лабильности функциональных систем трудовых действий («системных квантов трудовой деятельности» по П.К.Анохину и К.В. Судакову, 2000);
- положение, что сочетания параметров ИТ, ПРД, ПРН являются особой биологической целостностью, в которой они зависят друг от друга, и, что они одновременно являются интегральными показателями работоспособности человека, детерминантами его острой и хронической усталости.
- разработку шкал измерения и физиологической оценки темпа и интенсивности трудовых процессоров;
- разработку критерия и шкалы оценки риска хронических нарушений здоровья работников при различном среднесменном уровне интенсивности трудовых действий, который имеет универсальное значение для оценки воздействия любых вредных профессиональных факторов.
- разработку показателей усталости для оценки сочетаний ИТ с ПРД и ПРН (продолжительность усталости, дефицит отдыха).

Особенностью методического подхода является проведение исследований одних и тех же работников в кратковременных и долгосрочных масштабах, соответствующих трём диахроническим уровням (Медведев В.И., Парачев А.М., 1971) профессионального труда: физиологический интервал трудового действия и их комплексов; рабочий день;

стажевый период., подходы и методы оценки риска развития утомления и связанных с ним рисков хронических нарушений здоровья. В этой связи проведен физиологический анализ и оценка отечественной и зарубежных систем стандартов времени на движения и реакции человека.

Диапазон физиологического интервала физических, действий при зрительной и умственной работе изучался методом кратковременного тестирования с одновременной регистрацией комплекса психофизиологических показателей. Динамика функционального состояния работников в течение рабочего дня изучалась при разном соотношении среднесменного значения времени трудовых комплексов с диапазоном их физиологического интервала.

#### **Положения диссертации, выносимые на защиту**

1. Средний годовой прирост вероятности хронической усталости и связанных с ней заболеваний является адекватным и эффективным хронобиологическим критерием для анализа, оценки и прогнозирования профессиональных рисков вследствие неадекватных сочетаний интенсивности труда с продолжительностями рабочего дня и недели.

2. Сочетание хронометрических параметров профессионального труда – интенсивности, продолжительности рабочего дня и недели, является интегральным показателем работоспособности человека; детерминантом острой и хронической усталости работников и связанным с ней риском нарушения здоровья.

3. В методологии определения оптимальной продолжительности рабочего дня и недели работоспособность определяются как совокупность гигиенически допустимых режимов труда, которые устанавливаются с учетом его продолжительности, плотности и темпа. Дефицит отдыха, обусловленный режимом труда, неадекватным восстановительным способностям организма человека, является целевым диагностическим признаком состояния утомления.

4. Закономерности возникновения дефицита отдыха при различных сочетаниях физиологической интенсивности труда с продолжительностями рабочего дня и недели в оптимальных и вредных условиях производственной среды являются сущностью хронобиологического анализа работоспособности и утомления.

5. Физиологическая интенсивность трудового процесса является интегральной оценкой плотности и темпа трудовых действий. Для оценки уровня темпа величина времени отдельных трудовых действий должна анализироваться как степень мобилизации лабильности их функциональных систем.

**Степень достоверности и апробация результатов работы.** Достоверность результатов обеспечена большим, статистически достаточным объемом исследований (см. п. Объект и организация исследований). Результаты исследований были представлены на 25 Всесоюзных и Всероссийских научных конференциях, включая доклад «Определение и оценка дефицита отдыха при различных сочетаниях интенсивности труда с продолжительностью рабочего дня и недели» (Международная научно-практическая конференция «Психология труда, инженерная психология и эргономика 2014» СПб. – 2014 г.); доклад «Хроническая усталость и профессиональное выгорание медицинских работников» (Конгресс «Профессия и здоровье». СПб 26-29 сентября 2017 г.); доклад «Нормирование интенсивности труда – основа первичной профилактики организационных и психосоциальных рисков» (Профилактическая медицина - 17. Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. СПб, 6-7 декабря 2017 г.); доклады «Анализ, оценка и прогнозирование риска синдрома «профессионального выгорания» и «Система управления риском утомления на рабочем месте» (Всероссийская неделя охраны труда – 2019, Сочи, 22-26 апреля 2019 г.).

**Внедрение результатов исследований.** Разработаны и утверждены 10 методических разработок отраслевого и межотраслевого уровня (см. «Список разработанных методических материалов по теме диссертации»). Основные результаты по физиологическому нормированию темпа и интенсивности трудового процесса изложены в «Оценка факторов трудовой нагрузки. Методические рекомендации» (Л. – 1994. – 30 с. – Утверждены ГКСЭН РФ 27. 04. 1995).

**Личный вклад автора.** Автор лично планировал, организовывал и анализировал первичные данные на всех этапах исследования. Руководил и лично участвовал в сборе данных совместно со специалистами ФБУН «СЗНЦ гигиены труда и общественного здоровья». Доля автора в планировании, организации и обработке данных исследования – 100%; в сборе первичных данных – 60%.

**Публикации по теме диссертации.** Содержание работы отражено в 45 статей в журналах, рекомендованных ВАК и в 2-х монографиях.

**Структура и объём диссертации.** Диссертация включает: введение, аналитический обзор литературы (главы: Хронофизиология и хронобиология утомления и работоспособности. Продолжительность, плотность и темп труда – основные параметры работоспособности и регуляторы острого и хронического утомления работающих. Динамика функционального состояния работников – хронобиологический критерий интегральной оценки временных параметров труда.), главу «Объект, методы и организация исследований», три главы результатов трех этапов исследований, общее обсуждение результатов исследований, заключение, выводы, практические рекомендации. Работа изложена на 318 страницах, включая 127 таблиц, 65 рисунков. Список литературы содержит 220 источников, из них 78 – иностранных авторов.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Объект и организация исследований.** В соответствии с диахроническим подходом к анализу профессиональной деятельности на 1-м этапе в лабораторных исследованиях, в которых приняли участия добровольцы в возрасте 23-35 лет (21 мужчин и 20 женщин), изучены физиологические интервалы «basic motions» по классификации системы нормативов времени на движения и реакции человека Work Factors, а также простейших комплексов трудовых действий – физических, зрительных, умственных. Регистрировался комплекс психофизиологических показателей. В производственных условиях изучены физиологические интервалы комплексов сенсомоторных действий, типичных для легкого физического труда (81 мужчина и 127 женщин, возраст 23-55 лет). При изучении изменения физиологического интервала трудовых действий разной сложности в ходе приобретения специализированного навыка было проанализировано свыше 450 тысяч интервалов трудовых движений.

На 2-м этапе исследований в натуральных условиях производства изучалась динамика функционального состояния работников по ходу рабочего дня при разном соотношении среднесменного значения времени трудовых комплексов с диапазоном их физиологического интервала. Изучалась физиологическая интенсивность трудовых процессов при физическом труде локального, регионального и общего типов (34 профессиональные группы: 1482 женщины и 180 мужчин в возрасте 20-55 лет), при зрительно напряженном труде (5 групп: 779 женщин и 50 мужчин, возраст 20-40 лет), при умственном труде (6 групп: 73 женщины и 45 мужчин, возраст 24-50 лет); при управлении автотранспортом (2 группы: 391 мужчин, возраст 20-55 лет). В зависимости от степени разнообразия содержания трудовых процессов использовались измерительный, расчетный или экспертный методы определения хронометрических параметров труда: плотность, темп и интенсивность (П, Т, И.); продолжительности рабочего дня и недели (ПРД, ПРН). Для

изучения внутрисменной динамики функционального состояния работников использовался комплекс психофизиологических методик, общепринятых в физиологии труда.

На 3-м этапе исследования были обследованы работники 10 крупных промышленных предприятий (приборостроительные и резинотехнические заводы, нефтеперерабатывающий завод, судовой верфь, морской порт, комбинат огнеупоров). Методы обследования включали опрос с помощью разработанной нами анкеты о симптомах хронической усталости и её профессиональных и непрофессиональных причинах; анализ данных учета ЗВУТ, в том числе данные 15-ти летнего мониторинга показателей ЗВУТ и условий труда (объем данных 97 тысяч человеко-лет); данные периодических медицинских осмотров.

**Математическая обработка результатов исследований.** Рассчитывался показатель (ГПР) как коэффициент линейной регрессии «вероятность хронического нарушения здоровья (%) – стаж работы (лет)», которая определялась для различных стажевых периодов и возрастных диапазонов. Определялся статистический диапазон ГПР в зависимости от его значения, численности группы работников и изучаемого диапазона стажа работы. Рассчитывались статистические параметры переменных: средняя величина ( $M$ ), ошибка  $M$  ( $m$ ), среднее квадратическое отклонение (сигма –  $\sigma$ ); коэффициент корреляции двух переменных ( $r$ ),  $t$ -тест (Student's  $t$ -test). Проводился линейный однофакторный и многофакторный регрессионный анализ с определением коэффициентов регрессии и их статистической ошибки. В ряде случаев предварительно до регрессионного анализа первичные значения переменных превращались в категории percentile шкалы (0/100). Использовались разработанные нами и утвержденные МЗ РФ формулы расчета индексов хронической зрительной (ИЗД), двигательной (ИДД) и неспецифической (ИНС) усталости, обобщающие частоту и выраженность наиболее распространенных симптомов функционального перенапряжения организма работающих, а также индекс суставных болей

рук ИСБ, обобщающий количество, частоту и выраженность болей в суставах рук.

**1-й этап. Исследование физиологического интервала и лабильности функциональных систем трудовых действий и их комплексов.** Исследовались три аспекта физиологического интервала функциональных систем трудовых действий (ФС) – диапазона индивидуальной лабильности ФС (темп действий); диапазона усвоения ритма и диапазона индивидуальных различий (1-я задача). Время элементарных трудовых действий и их комплексов соотнесено с тремя диапазонами: с диапазоном физиологического интервала и лабильности функциональной системы трудового действия; с диапазоном изменения времени действий в ходе усвоения ритма и обучения; с диапазоном индивидуальных различий времени действий.

**Диапазон физиологического интервала.** Обобщенные результаты анализа диапазона физиологического интервала трудовых действий и их комплексов помещены в таблице 1. Данные в таблице показывают, что диапазон физиологического интервала сужается по мере уменьшения в них биомеханического компонента. Диапазон физиологического интервала комплексов разнообразных трудовых действий находится в пределах  $1,3 \leq t_{opt}/t_{min} \leq 1,8$ . Наблюдается закономерность, установленная при изучении элементарных трудовых действий: чем больше в трудовых приёмах удельный вес действий, требующих усиленного визуального контроля и высокой концентрации внимания, тем меньше диапазон физиологического интервала трудового приёма. Для комплексов трудовых действий, состоящих в основном из простых движений, время которых определяют требования к скорости и силе мышечных сокращений, соотношение оптимального и минимального времени  $1,8 \pm 0,3$ . Для движений, время которых определяют пространственные требования к их точности, величина диапазона  $1,6 \pm 0,2$ . Для работ, ритм которых определяется скоростью восприятия и переработки информации, физиологический диапазон темпа действий более узкий –  $1,4 \pm 0,2$ .

Таблица 1 – Диапазон физиологического интервала (ФИ) и лабильности функциональных систем трудовых действий и их комплексов

<b>Характеристики макроинтервала действий</b>						Диапазон ФИ: соотношение минимального и оптимального времени $t_{op}/t_{min}$ макроинтервала действия ( $M \pm m$ )
Содержание действий	Разряд зрительных работ	Ведущее звено макроинтервала				
		Управление скоростью и силой мышечных сокращений	Управление положением руки	Зрительное восприятие	Память, принятие решений	
<b>Последовательность одинаковых движений руки</b>						
A=40см; T - нет; B=0 <sup>*)</sup>	VIII	+				3.1±0.3
A=40см; T ± 3 см; B=1кг	VIII	++	+			2.6±0.3
A=40см; T ± 3 см; B=0	VI	+	+			2.3±0.3
A=40см; T±1см;B=0	VI	+	+			2.0±0.3
A=40см; T±1см;B=3кг	VI	++	+			1.8±0.2
A=40см; T±1мм; B=10г	IV		+	+		1.5±0.2
A < 1см; T±0.15мм B=10г	1		+	++		1.2±0.1
<b>Комплексы зрительных и умственных процессов в лабораторных тестах</b>						
Корректирующая проба	IV			+	+	1.2±0.1
Счет в уме	-				+	1.1±0.1
<b>Лабораторные модели ручных сборочных операций</b>						
Низкие требования к точности <sup>*)</sup> тест Presgrave	VI	++	+			2.1±0.3
Умеренные требования к точности <sup>**)</sup> тест Pinboard	IV	+	++	+		1.5±0.2
<b>Ручные сборочные операции в производственных условиях</b>						
Низкие требования к точности <sup>*)</sup>	VI	++	+			1.8±0.2
умеренные требования к точности <sup>**)</sup>	IV	+	++	+		1.5±0.2
Высокие требования к точности <sup>+) </sup>	I-III		+	++		1.3±0.2
Примечания: А и Т - амплитуда и точность остановки движения руки, В - вес предмета, удерживаемого рукой.						
Знаками «+» и «++» указывается ведущее звено макроинтервала действия.						

<sup>\*)</sup> количество требований к трудовым движениям: 0-1 по системе WF

<sup>\*\*)</sup> количество требований к трудовым движениям: 2-3 по системе WF

<sup>+)</sup>  количество требований к трудовым движениям: > 3 по системе WF

На основе полученных данных разработана шкала для оценки темпа трудовых действий, которая представлена в таблице 2. Широкий диапазон шкалы соответствует физиологическому диапазону темпа трудового процесса, состоящего в основном из движений, ритм которых определяют минимальные пространственные требования к трудовым действиям (количество требований по системе WF не более 1). Шкала со средним диапазоном характерна для трудовых приёмов, состоящих преимущественно из движений средней сложности (2-4 пространственно-силовых требования). Физиологическому диапазону времени и темпа особо точных движений (прецизионная сборка), зрительных и умственных процессов соответствует шкала с узким диапазоном. Принятая в отечественной и зарубежной практике нормирования труда единая для всех трудовых действий количественная шкала оценки темпа, при которой  $t_{opt}/t_{min} \div 1,5-1,6$ , в некоторых случаях уменьшает фактический диапазон темпа трудовых действий, а в некоторых случаях преувеличивает.

Таблица 2 – Категорийная и количественная шкалы оценки темпа трудовых действий

Категорийная оценка <sup>*)</sup>	Балльная оценка	Физиологический диапазон темпа <sup>**)</sup>		
		широкий	средний	узкий
Максимальный	7	0.93 – 1.00 (1.94 – 2.08) <sup>**)</sup>	0.95 – 1.00 (1.61 – 1.69)	0.96 – 1.00 (1.35 – 1.41)
Высокий	6	0.78 – 0.92 (1.63 – 1.92)	0.83 – 0.94 (1.41 – 1.59)	0.88 – 0.95 (1.24 – 1.34)
Повышенный	5	0.63 – 0.77 (1.31 – 1.60)	0.71 – 0.82 (1.20 – 1.39)	0.80 – 0.87 (1.13 – 1.23)
Средний	4	0.48 – 0.62 (1.00 – 1.29)	0.59 – 0.70 (1.00 – 1.19)	0.71 – 0.79 (1.00 – 1.11)
Пониженный	3	< 0.48 (< 1.00)	< 0.59 (< 1.00)	< 0.71 (< 1.00)

<sup>\*)</sup> уровни темпа «низкий» – 2 балла и «очень низкий» – 1 балл не приводятся, так как они не наблюдаются в профессиональном труде. <sup>\*\*)</sup> Вверху дана шкала оценки относительно максимального уровня темпа кратковременной работы (10-20 секунд); в скобках дана шкала оценки относительно оптимального уровня темпа.

Исследования физиологических сдвигов в лабораторных и производственных условиях показали, что в диапазоне ФИ трудовых действий можно выделить зону оптимальных темпов, в которой изменение времени действий сопровождается незначительными изменениями показателей физиологической стоимости. Уменьшение времени действий вне этой зоны сопровождается резким возрастанием значений большинства физиологических показателей, а увеличение времени действий вне оптимальной зоны приводит к существенному росту пауз и нарастанию информационной нагрузки.

**Диапазон усвоения ритма.** В таблице 3 приведены данные, характеризующие уменьшение физиологического интервала трудовых действий разной сложности по ходу их многократного повторения. При очень сложных трудовых действиях (количество пространственных требований к движению руки более 4-х по системе WF) их ФИ уменьшается многократно при повторении 10 тысяч раз. При низкой сложности (количество требований 0-1) ФИ уменьшается только на 15%. Разработана номограмма, с помощью которой можно прогнозировать сокращение времени трудовых действий в ходе совершенствования специализированных навыков у работников.

Таблица 3 – Относительная длительность трудовых действий разной сенсорной сложности при различном уровне трудового навыка

Степень сложности трудового действия	Количество повторений трудового действия в ходе обучения, N (уровень трудового навыка, УН)				
	10 <sup>*</sup> ) (УН=1)	100 (УН=2)	1000 (УН=3)	10 000 (УН=4)	100 000 (УН=5)
1. Низкая	100%	90%	88%	85%	85%
2. Умеренная	100%	86%	80%	72%	70%
3. Высокая	100%	79%	71%	60%	54%
4. Очень высокая	100% (12)	69%	37% (0.2)	16% (0.5)	8% (1)
* <sup>)</sup> Длительность трудового действия после его 10-кратного выполнения принята за 100%. В скобках – уровень трудового навыка (степень освоения трудовых приемов).					

**Диапазон индивидуальных различий ФИ.** При простейших физических действиях с минимальными пространственно-силовыми требованиями, когда ведущим звеном ФС двигательного акта является система управления скоростью и силой мышечных сокращений,  $t_{\min}$  у женщин больше, чем у мужчин. Для комплексов трудовых действий, содержащих такие трудовые движения, эти различия сопоставимы с индивидуальным физиологическим диапазоном темпа – с величиной  $t_{\text{opt}} / t_{\min}$ . Вместе с тем различия  $t_{\text{opt}}$  этих же движений у мужчин и женщин отсутствуют. В случаях, когда физиологический интервал трудовых движений определяется лабильностью кинестетического и зрительного анализаторов, минимальное время  $t_{\min}$  действий у женщин статистически достоверно и существенно меньше, чем у мужчин. Достоверных различий  $t_{\min}$  простых алгоритмизированных умственных действий, без моторного компонента, между мужчинами и женщинами не выявлено. Исследование возрастных различий ФИ показало, что минимальное время ( $t_{\min}$ ) действий, к которым предъявляются повышенные требования к пространственной точности, имеет четко выраженный рост начиная с 40-45 лет.

На рисунке 1 представлены результаты анализа значимости для величины времени трудового действия трех факторов: лабильности ФС действий (диапазон ФИ), усвоения ритма (специализированный навык) и индивидуальных различий исполнителей. Рисунок показывает, что для простого сенсомоторного действия главным фактором, определяющим его время, является физиологический уровень темпа работы (диапазон ФИ трудовых действий); для очень сложного действия – уровень специализированного навыка исполнителя.

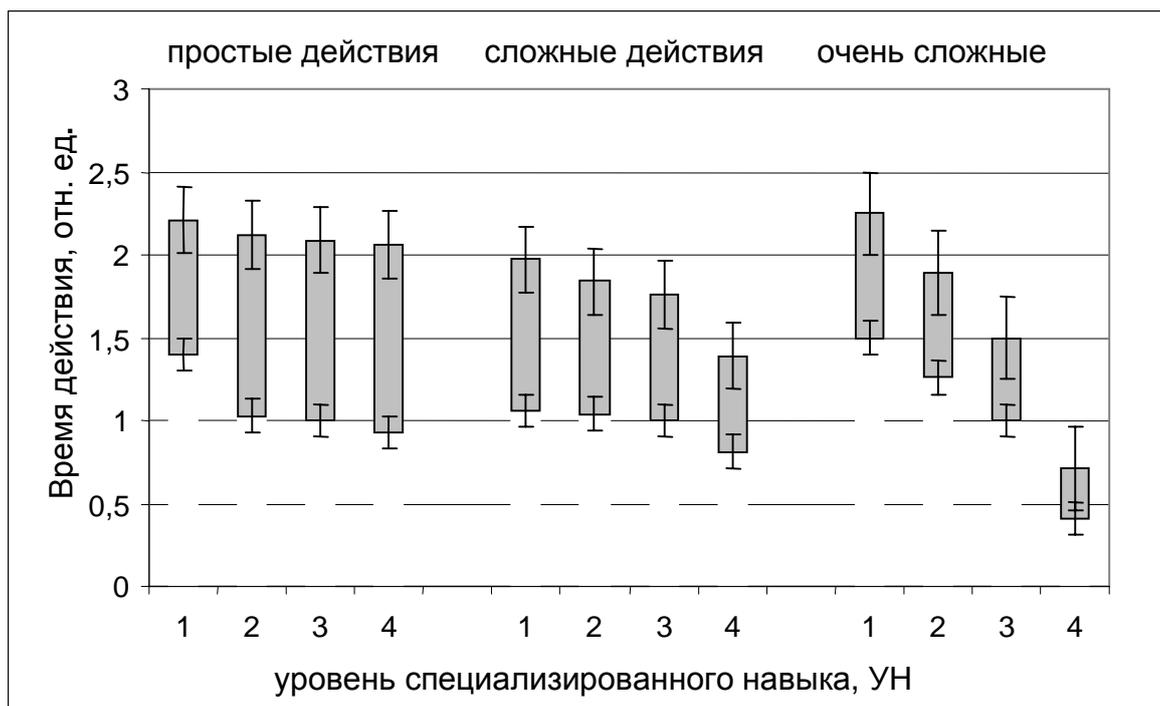


Рисунок 1 – Изменение времени сенсомоторных действий разной сложности в зависимости от физиологического диапазона темпа, уровня специализированного навыка и индивидуальных особенностей исполнителей

*Примечания.* Абсцисса – уровень специализированного навыка: 1, 2, 3, 4 соответствует количеству повторений действий 10, 100, 1000 и 10000 раз. Ордината: за 1 для каждого из 3-х сенсомоторных действий разной сложности принято среднее по группе исполнителей значение времени действия при работе в максимальном темпе и уровне специализированного навыка УН = 3. Столбцы указывают диапазон физиологического интервала действия: нижние значения столбцов указывают на его величину при работе с максимальным темпом, верхние при работе с удобным, средним темпом. Знаками  $\pm\sigma$  указан диапазон индивидуальных различий величин времени действий среди исполнителей ( $\pm\sigma$ ).

**Оценка систем нормативов времени.** Результаты исследования диапазона ФИ трудовых действий позволили дать сравнительный анализ уровня темпа работы, заложенного в нормативы времени различных универсальных систем нормативов времени на движения и реакции человека. Анализ показал следующие соотношения:

– Базовая система микроэлементных нормативов времени (БСМ-1):

$$T_{\text{БСМ}} = 0,87 T_{\text{WF}} = 0.67 T_{\text{max}} = T_{\text{opt}} / 1.07$$

– Система «Method Time Measurement» (МТМ):

$$T_{\text{МТМ}} = 0.92 T_{\text{WF}} = 0.73 T_{\text{max}} = T_{\text{opt}} / 1.13$$

– Система «Work Factors» (WF):

$$T_{WF} = 0.77 T_{max} = T_{opt} / 1.23$$

Оптимальный и максимальный уровни темпа исполнения комплексов трудовых действий находятся в следующих соотношениях с уровнями темпа, заложенными в системы БСМ. WF и МТМ:

$$T_{opt} = T_{БСМ} / 1.08 = T_{WF} / 1.23 = T_{МТМ} / 1.13$$

$$T_{max} \times = T_{БСМ} \times 1.49 = T_{WF} \times 1.30 = T_{МТМ} \times 1.37$$

Таким образом установлено, что в нормативы времени WF заложен наиболее высокий темп трудовых действий, а в нормативы БСМ – наиболее низкий. Во всех системах нормативов времени на трудовые действия недостаточно учтены факторы усвоения ритма сложных действий, различий между мужчинами и женщинами и влияния возраста.

**2-й этап. Исследование функционального состояния организма работника при различных сочетаниях интенсивности труда с продолжительностями рабочего дня и недели.** Для определения оптимальной продолжительности рабочего дня и недели необходимо было изучить закономерности взаимосвязи изменений функционального состояния и работоспособности человека в течение рабочего дня с плотностью и темпом (ФИ действий) физического, зрительного и умственного труда (2-я задача).

При уровнях темпа физического труда локально-регионального типа  $ИТ_{см}^{max} \div 43 - 52\%$ , динамика функционального состояния человека характеризуется прогрессирующим снижением показателей активности сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Показатели результата ФС трудовых действий стабильны в течение всей работы. Такая динамика функций характерна для состояния монотонии, развивающейся в процессе локально-региональной двигательной деятельности.

При  $ИТ_{см}^{max} \div 53 - 60\%$  в первой половине рабочего дня показатели

функционального состояния носят стабильный характер. Однако во второй половине дня наблюдаются изменения, характерные для роста активации вегетативной нервной системы и ЦНС, существенно снижаются возможности ведущего двигательного звена с параллельным ухудшением процессов нервно-мышечной регуляции. К концу смены появляются признаки неполноценного гомеостатического регулирования ФС трудовых действий.

При среднесменной интенсивности работы 60 - 65% от  $I_{\max}$  в течение всей рабочей смены непрерывно нарастает активность как энергообеспечивающих, так и соматических функций. Увеличивается возбуждение периферической нервной системы, нарастают признаки расстройства регуляции мышечного тонуса и тремора. Прогрессивное существенное снижение возможностей ведущего двигательного звена сопровождается признаками ухудшения функционирования позных мышц. Надежность ФС трудовых действий падает, в то время как напряженность их узловых механизмов возрастает. Появляются симптомы напряжения в не ведущих афферентных системах. Все эти явления характерны для нейро-гуморального стресса. При работе в более высоком темпе  $ИТ_{см}^{\max} > 65\%$  признаки стресса обнаруживаются уже в первые часы. Рисунок 2 характеризует динамику усталости по ходу рабочего дня при 4-х уровнях  $ИТ_{см}$ .

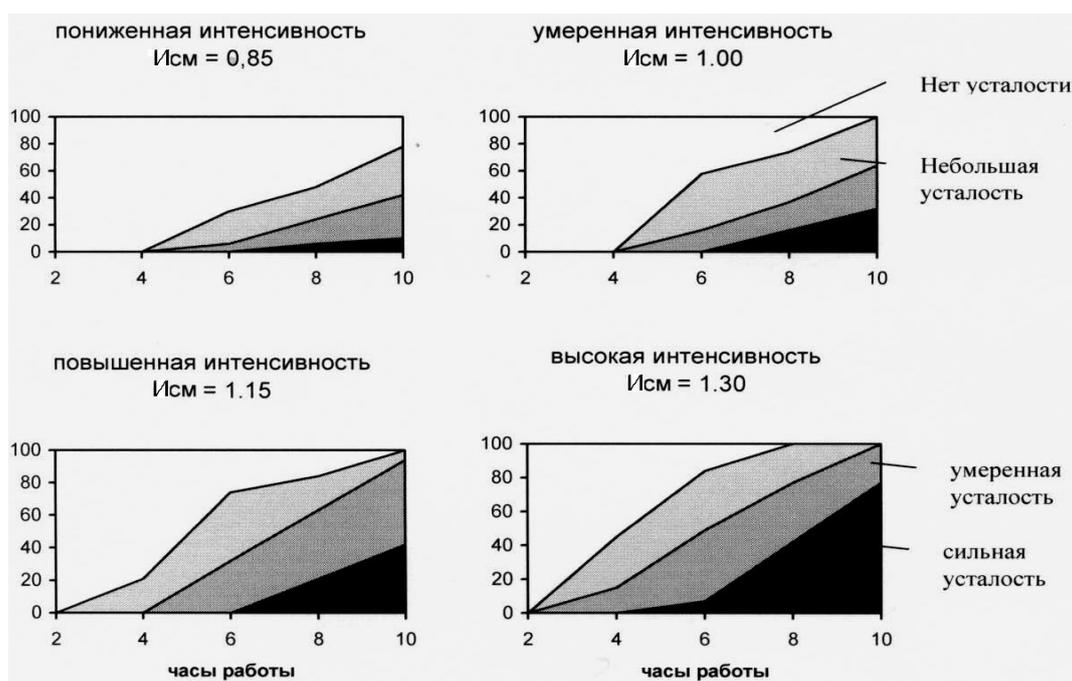


Рисунок 2 – Динамика вероятности усталости различной степени в зависимости от физиологической интенсивности легкого физического труда  $ИТ_{см}^{отн}$   
 Примечание: ось ординат – вероятность усталости (%); ось абсцисс – часы рабочего дня;  $ИТ_{см}=1$  при  $T=1,0$  (физиологически оптимальный темп действий) и плотности  $P=0,86$ .

На рисунке 3 показана взаимосвязь физиологического интервала комплекса трудовых действий и среднесменной интенсивности трудового процесса ( $ИТ_{см}$ ). Оптимальный уровень физиологической интенсивности труда, т. е. наиболее высокий уровень, при котором сохраняется стабильность показателей работоспособности и функционального состояния работников в течение рабочего дня, находится в диапазоне  $ИТ_{см}^{отн} = 0,94-1,00$  ( $ИТ_{см}^{опт}$ : 70-77%). При  $ИТ_{см}^{отн} \div 1,10-1,14$  наблюдается неустойчивость показателей функционального состояния организма работников, основной причиной которой является отсутствие легкодоступных резервов повышения лабильности ФС действий. При  $ИТ_{см}^{отн} \div 1,15-1,33$  резервы для свободных колебаний лабильности ФС трудовых действий отсутствуют, что приводит к перенапряжению и переутомлению работников к концу рабочего дня. При напряженной зрительной работе сборщиц ручных часов средние хронофизиологические характеристики работоспособности составили: ПРД=9,0 час;  $P=0,84$ ;  $ИТ_{см}^{max} = 0,70$ . При  $ИТ_{см}^{max} \sim 0,70 - 0,72$  наблюдается

увеличение по ходу рабочего дня частоты дыханий. Показатели функционального состояния сердечно-сосудистой системы (ЧПр, ЧПп, САД, ДАД) стабильны при различных изученных уровнях  $ИТ_{см}$ , однако их среднесменные значения возрастают с увеличением среднесменного темпа трудовых действий. При  $ИТ_{см}^{max} = 0.83$  у работниц прецизионного труда по ходу рабочего дня снижается физическая и зрительная работоспособность: падает максимальная мышечная сила, понижается выносливость мышц пальцев и кисти к статическому усилию; ухудшается зрительно-двигательная координация движений рук и ясность видения вдаль. Характер внутрисменной динамики работоспособности и функционального состояния сборщиц часов свидетельствует о том, что  $ИТ_{см}^{max} \sim 0.70 - 0.72$  при ПРД  $\div 8.5 - 9.0$  час превышает физиологически допустимый уровень среднесменной интенсивности зрительно-напряженного труда.

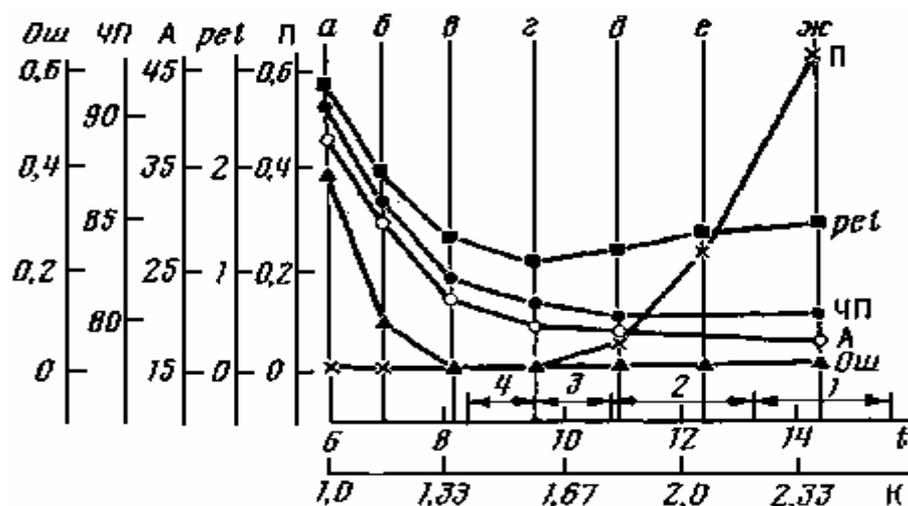


Рисунок 3 – Взаимосвязь физиологического интервала комплекса трудовых действий и интенсивности трудового процесса по ходу рабочего дня

По оси абсцисс – длительность цикла операции в с ( $t$ ) и отн. ед. ( $K$ ). По оси ординат: ЧП – частота пульса, уд/мин; А – амплитуда колебаний центра тяжести тела (мм) при выполнении рабочей операции; rel – показатель информационной нагрузки, усл. д.; Ош – количество ошибочных движений в цикле; П – длительность внутриоперационных микропауз, одновременных в обеих руках, с; а – ж – градации самооценки темпа исполнения операции от «максимального» (а) до «очень медленного» (ж); 1, 2, 3, 4 – уровни интенсивности труда – среднесменная интенсивность трудового процесса,  $ИТ_{см}^{om}$ : 70-77%, 80-86%, 93-98%, 105-115%;  $ИТ_{см}^{om}$  (ед. ПДУ) – 0.81-0.90; 0.941-1.0; 1.1-1.14; 1.15-1.33.

Величина  $ИТ_{см}^{макс} \times ПРД$  (час) характеризует в «нормочасах» (НЧ) работоспособность человека – как объем трудовых действий за рабочий день. При локальном физическом труде с высоким зрительным напряжением предельное значение НЧ составляет 7,6 часа. Отношение НЧ, вызывающих сильную усталость работников, к наибольшей величине НЧ, ещё не вызывающей утомление, составило для алгоритмизированной зрительной работы 1,41. Для алгоритмизированного физического труда это отношение составило 1,42. Эти значения полностью совпадают с коэффициентом, применяемым в системе Work Factors, учитывающим плотность и темп трудовых действий опытных работников ручного труда, заинтересованных в максимальной производительности. При менее алгоритмизированном умственном труде физиологический диапазон работоспособности составил 1,53.

На основании обобщения данных о среднесменном темпе и интенсивности ( $T_{см}$  и  $ИТ_{см}$ ) физического труда разного типа построен график, представленный на рисунке 4. График иллюстрирует соотношение среднесменных уровней  $T_{см}$  и  $ИТ_{см}$  с диапазоном физиологического интервала трудовых действий при различных видах алгоритмизированного труда. Видно, что соотношение  $ИТ_{см}$  с физиологически оптимальным уровнем лабильности функциональных систем трудовых актов (оптимальный темп действий,  $T_{опт}$ ) не зависит от типа физического труда. Соотношение  $T_{см}$  и  $ИТ_{см}$  трудового процесса при зрительно-напряженной и умственной работе аналогично их соотношению при легком физическом труде локального типа.

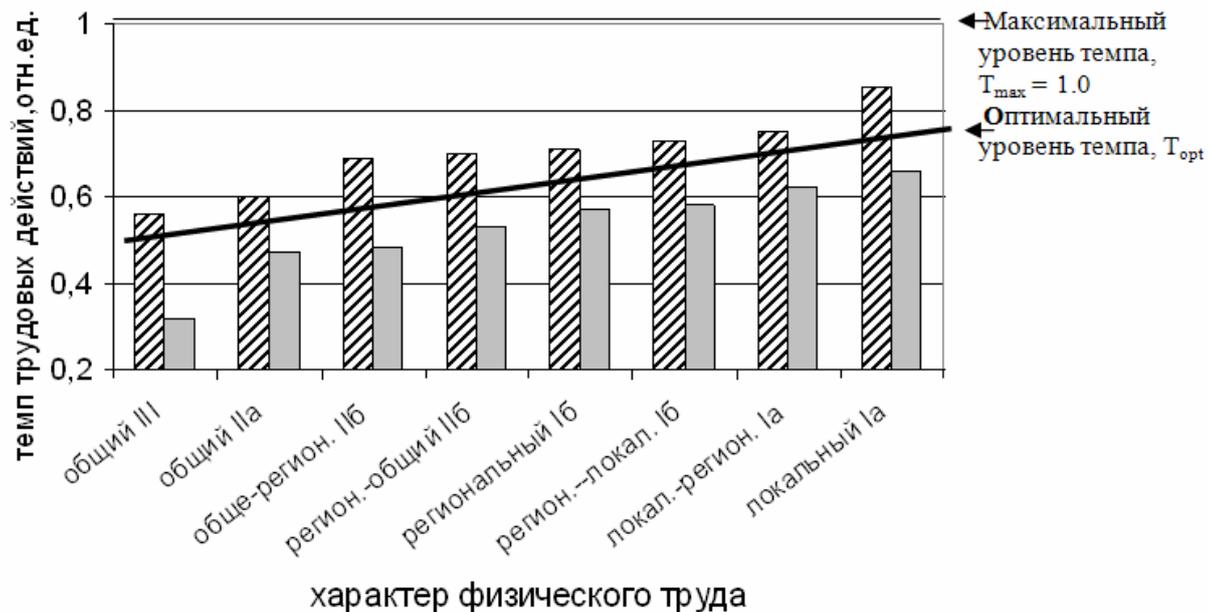


Рисунок 4 – Соотношение среднесменных уровней темпа и интенсивности трудовых действий с их физиологическим диапазоном при различном характере физического труда

▨ и ▣ – соответственно средний за смену темп трудовых действий ( $T_{см}^{макс}$ ) и среднесменная интенсивность трудового процесса ( $ИТ_{см}^{макс}$ ). Iа, Iб, IIа, IIб, III – категории интенсивности энерготрат по СанПиН 2.2.4.3359-16

На основании установленных закономерностей разработаны физиологические нормативы среднесменной интенсивности трудового процесса при ПРД=8 час и ПРН=40 час, которые представлены в таблице 4. Приведенные в таблице предельно допустимые уровни (ПДУ) интенсивности труда за рабочий день и за рабочую неделю установлены при изучении трудовых процессов в условиях массового производства при использовании многолетних режимов работы со среднегодовой интенсивностью труда работников «сдельщиков», близкой к физиологически предельной. Оценка в относительных единицах физиологической интенсивности труда за рабочий день, обобщающей плотность и темп трудовых действий, и интенсивности труда за календарную неделю, обусловленных сочетанием  $ИТ_{см}$ , ПРД, ПРН, проводится путем их соотнесения с величинами ПДУ.

Таблица 4 – Гигиенические нормативы (ПДУ) для оценки интенсивности труда за рабочий день и рабочую неделю

Тип труда	Рабочий день: среднесменная интенсивность, $ИТ_{см}^{макс}$	Рабочая неделя: недельная интенсивность, $I_{нед}$ , физиологически нормированные часы
Физический труд:		
Общий	0.40	36
Обще-региональный	0.45	38
Региональный	0.50	39
Регионально-локальный	0.55	40
Локально-региональный	0.60	41
Локальный	0.65	42
Зрительный и умственный труд	0.65	42

В таблице 5 представлены данные, характеризующие продолжительность состояния усталости (ЧУ, часы усталости) при физической, зрительной и умственной работе при разной степени усталости и разных величинах ПРД. Установлено, что ЧУ в большей мере зависят от степени усталости, чем от вида работы. Это позволило дать общую для физического, зрительного и умственного труда характеристику динамики накопления и исчезновения острой усталости (рисунок 6) и ее продолжительности при разной ПРД (таблица 6).

Таблица 5 – Продолжительность состояния усталости при физической, зрительной и умственной 8-ми часовой работе ( $M \pm m$ )

Тип труда <sup>*)</sup>	Степень обычной усталости на работе								
	небольшая усталость			умеренная усталость			сильная		
	Кол-во человек	ЧР, час	ЧИ, час	Кол-во человек	ЧР, час	ЧИ, час	Кол-во человек	ЧР, час	ЧИ, час
Физический	258	2.8±0.1	2.3±0.1	471	3.0±0.1	4.7±0.1	290	3.4±0.1	5.9±0.4
Зрительный	46	2.5±0.2	3.4±0.4	140	2.8±0.1	6.2±0.3	89	3.4±0.1	7.7±0.4
Умственный	75	2.1±0.1	5.0±0.4	146	2.6±0.1	7.0±0.1	52	2.8±0.2	9.3±0.4

<sup>\*)</sup> Физический труд: сборка изделий, работа на станках и прессах; зрительная работа: особо точная сборка и микромонтаж; умственный труд: работа технологов, служащих, мастеров, операторов сложных систем.

Таблица 6

Степень и продолжительность состояния усталости при 6, 8, 10 и 12 часовой работе ( $M \pm m$ )

Продолжительность рабочего дня, ПРД, час	Степень обычной усталости на работе											
	Небольшая усталость				Умеренная усталость				Большая усталость			
	Продолжительность состояния усталости, часы											
1	На работе ЧР	После работы, ЧИ	Часы усталости ЧУ=ЧР+ЧИ	Эквивалентные часы усталости ЧУ <sub>э</sub> =ЧУ*0.6	На работе ЧР	После работы, ЧИ	Часы усталости ЧУ=ЧР+ЧИ	Эквивалентные часы усталости ЧУ <sub>э</sub> =ЧУ*1	На работе ЧР	После работы, ЧИ	Часы усталости ЧУ=ЧР+ЧИ	Эквивалентные часы усталости ЧУ <sub>э</sub> =ЧУ*1.3
6 часов	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
8 часов	1.7 ± 0.3	2.5 ± 0.5	4.2	3.5	2.0 ± 0.3	4.2 ± 0.6	6.2	6.2	2.5 ± 0.3	5.9 ± 0.7	8.4	10.9
10 часов	2.8 ± 0.1	3.8 ± 0.2	6.6	4.8	2.9 ± 0.1	6.2 ± 0.2	9.1	9.1	3.4 ± 0.1	8.0 ± 0.2	11.4	14.8
12 часов	3.1 ± 0.4	4.0 ± 0.6	7.1	5.5	3.4 ± 0.3	6.9 ± 0.5	10.3	10.3	4.1 ± 0.3	9.2 ± 0.5	13.3	17.3
	3.6 ± 0.2	5.7 ± 0.4	9.3	6.6	4.0 ± 0.3	8.6 ± 0.5	12.6	12.6	5.2 ± 0.4	11.0 ± 0.7	16.2	21.1

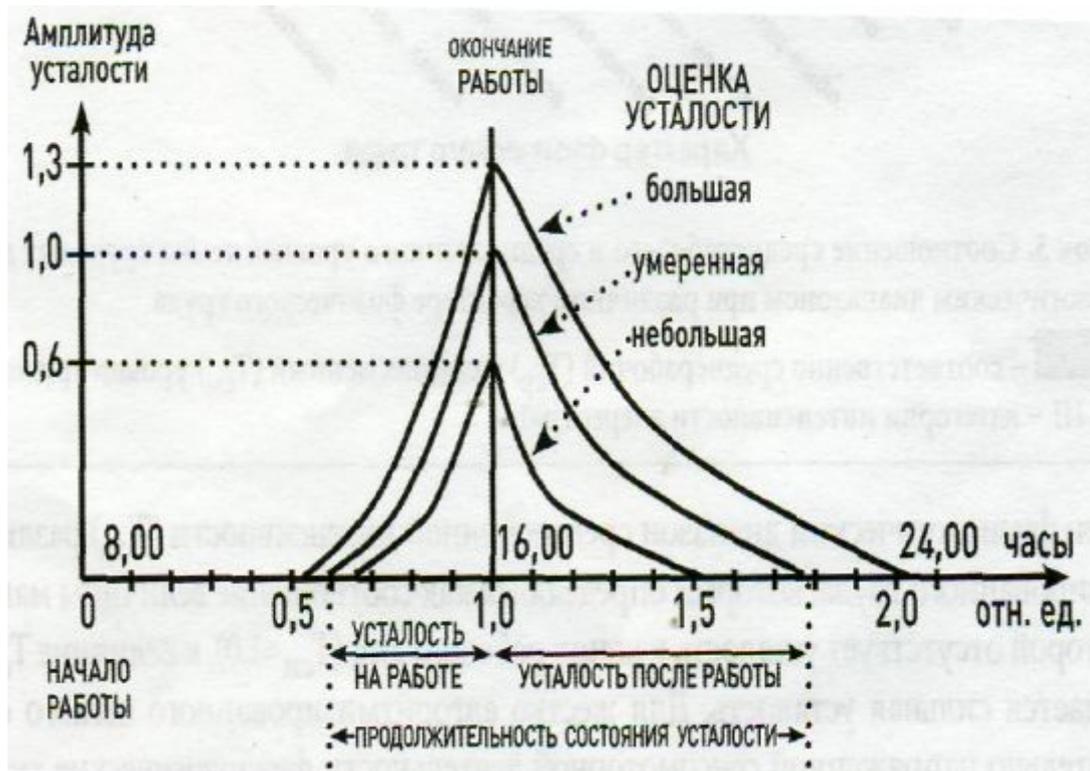


Рисунок 6 – Динамика накопления и исчезновения острой усталости при 8-ми часовом труде разной утомительности

Ось абсцисс: – время: цифры вверху - часы суток, внизу – относительные единицы, за 1 принято 8 часов. Ось ординат: интенсивность усталости (ИУ) в относительных единицах.

В таблице 7 приведены значения «часов усталости» в зависимости от сочетания интенсивности трудовых действий с продолжительностями рабочего дня и недели. Значения  $ИТ_{см} \div 0,5-0,7$  являются неутомительными независимо от ПРД и ПРН (при нормальных гигиенических условиях и при незначительном удельном весе в трудовом процессе действий, требующих максимальных мышечных или умственных усилий). Градации временных характеристик в таблице являются относительно грубыми – 20-30%, они перекрывают различия ЧУ, выявленные при разных видах труда (таблица 5). Показатель уровня интенсивности труда за рабочую смену  $ИТ_{см}^{ПДУ}$  дан в относительных единицах среднесменной интенсивности трудового процесса (таблица 4).

Таблица 7 – Продолжительность состояния усталости работников при различных сочетаниях интенсивности трудового процесса с продолжительностями рабочего дня и недели

Интенсивность труда, ИТ <sub>см</sub> <sup>ПДУ</sup> , отн.ед	Продолжи- тельность рабочего дня, час	Продолжительность состояния усталости, ЧЭУ, часов в неделю (в скобках – за сутки)		
		Рабочая неделя 32 часа	Рабочая неделя 40 часов	Рабочая неделя 48 часов
Низкая 0.6	6	<5	<5 (<1)*	<5
	8	<5	<5 (<1)	6
	10	8	10 (2)	12
	12	16	20 (4)	26
Пониженная 0.8	6	<5	<5 (<1)	6
	8	8	10 (2)	12
	10	16	20 (4)	26
	12	25	35 (7)	46
Нормальная, оптимальная 1.0	6	8	10 (2)	12
	8	17	22 (4.5)	29
	10	32	45 (9)	63
	12	63	90 (18)	>120
Повышенная 1.2	6	17	22 (4.5)	29
	8	32	45 (9)	63
	10	63	90 (18)	>120
	12	120	>120 (>24)	>120
Высокая 1.4	6	32	45 (9)	59
	8	63	90 (18)	>120
	10	120	>120 (>24)	>120

**3-й этап. Исследование динамики показателей здоровья работников при различной физиологической интенсивности труда.**

В подразделе «Разработка хронобиологического критерия для оценки динамики показателей здоровья» излагаются результаты использования разработанных в данном исследовании экспресс-методов выявления и оценки хронического двигательного (индекс ИДД), зрительного (ИЗД) и неспецифического (ИНС) переутомления работников и хронобиологического критерия оценки динамики риска хронического нарушения здоровья работающих. Указанные индексы обобщают

частоту и степень выраженности наиболее распространенных симптомов хронического двигательного, зрительного и неспецифического переутомления работников. Для определения риска переутомления для каждого индекса установлены граничные значения.

Для исследования динамики показателей здоровья работников разработан показатель годовой прирост риска – ГПР. На рисунке 6 показано использование годового прироста риска длительных заболеваний с ВУТ (30 и более дней за год, РДБ) для оценки данных 15-ти летнего мониторинга с помощью системы АСАЗИТ условий труда и заболеваемости с ВУТ одних и тех же работников. Приведенные на графиках сплошные линии характеризуют годовой прирост риска длительной ЗВУТ при вредных условиях труда (степень 3.1-3.2); пунктирные линии характеризуют ГПР при оптимальных и допустимых условиях труда.

В таблице 8 приведены данные о ГПР различных заболеваний с временной утратой трудоспособности при различной среднесменной интенсивности трудовых процессов.

Таблица 8 – Годовой прирост риска различных заболеваний с ВУТ при различной физиологической интенсивности труда

Уровень интенсивности труда	Годовой прирост риска заболеваемости с ВУТ				Годовой прирост дней ЗВУТ за год на 100 чел
	Сердечно-сосудистая система (7-10) <sup>*)</sup>	Гипертония (8)	Опорно-двигательный аппарат (25)	Длительная утрата трудоспособности, РДБ <sub>30</sub>	
умеренный	0.5±0.3	0.5±0.2	0.2±0.3	0.0±0.3	-5±15
повышенный	0.6±0.2	0.7±0.2	0.9±0.2	0.8±0.2	40±8
высокий	1.0±0.2	1.1±0.2	1.1±0.3	1.0 ±0.2	45±7

<sup>\*)</sup> в скобках указаны коды заболеваний по статистической форме 16ВН

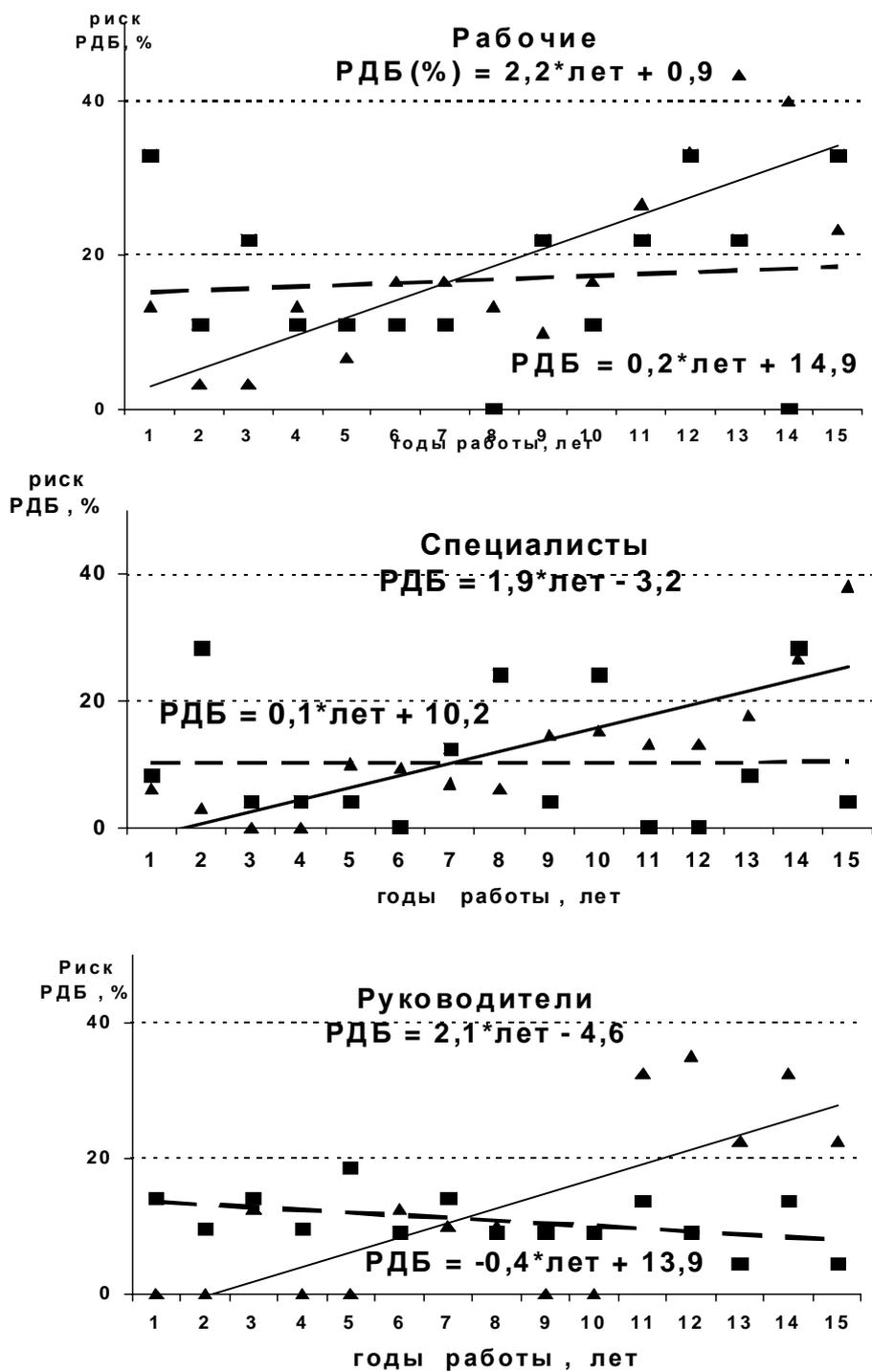


Рисунок 6 – Годовой тренд риска длительных заболеваний с утратой трудоспособности (более 30 дней за год) у рабочих, специалистов и руководителей в допустимых (пунктирная линия) и вредных (сплошная линия) условиях труда

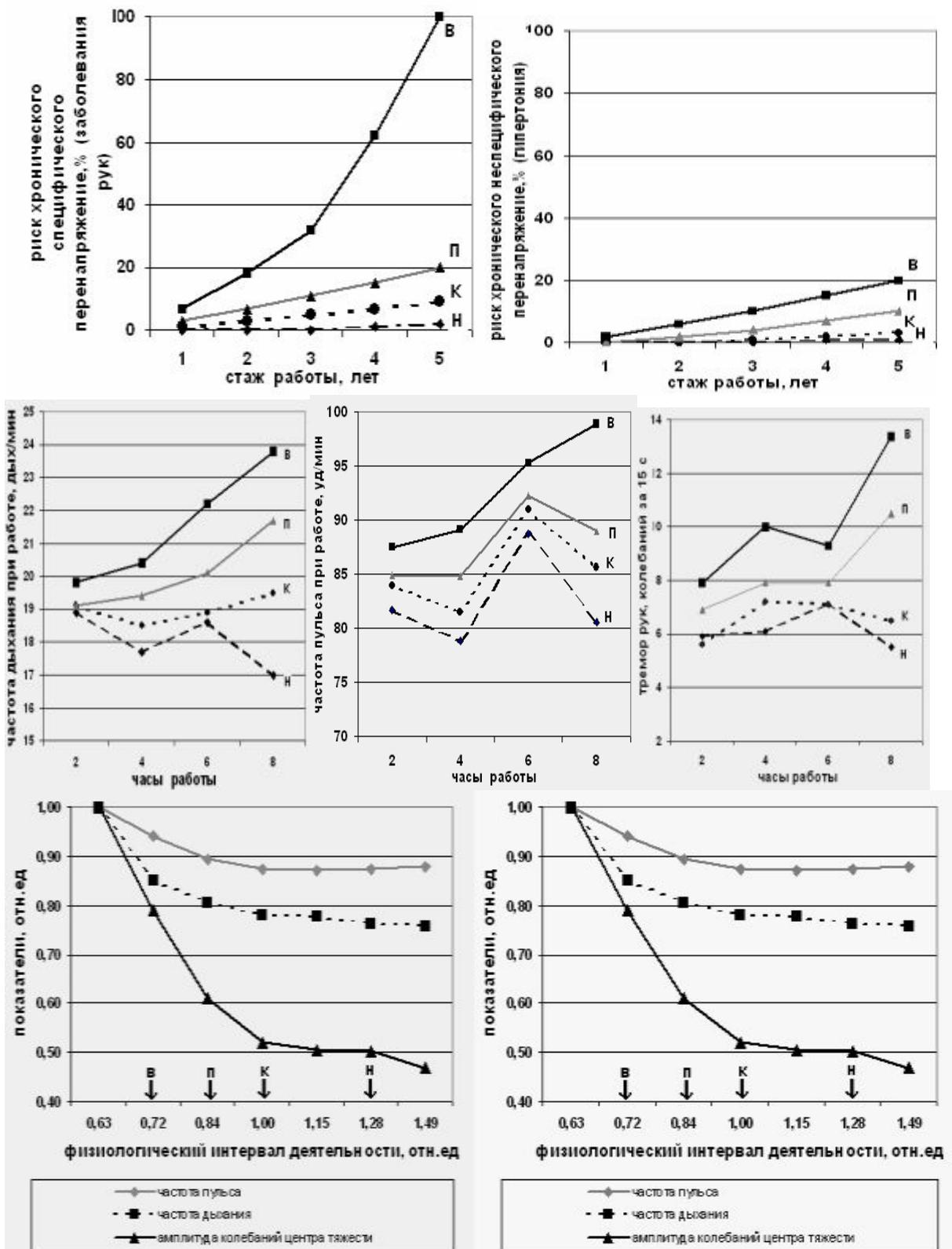
В таблице 9 представлена рекомендуемая нами шкала для оценки степени вредности условий труда по относительному значению ГПР, которое определяется с помощью контрольных величин ( $ГПР_{фон}$ ), описанных в диссертации и публикациях. Например, для синдрома хронической усталости  $ГПР_{фон} = 0,5\%$ ; для РДБ<sub>30</sub>  $ГПР_{фон} = 0,25\%$ ; для заболеваний сердечнососудистой системы с ВУТ  $ГПР_{фон} = 0,15\%$ ; для хронических болезней органов дыхания, выявляемых по данным периодических медицинских осмотров работников в возрасте 20-45 лет,  $ГПР_{фон} = 0,2\%$ . Величины  $ГПР_{фон}$  характеризуют возрастную динамику риска различных нарушений здоровья у работников при отсутствии вредных профессиональных и непрофессиональных факторов.

Таблица 9 – Хронобиологическая шкала оценки профессионального риска

Относительный риск, $P'_{отн}$	Абсолютный риск (годовой прирост в %), $P'_{абс}$				Качественная оценка риска здоровью	Предлагаемое соотношение с классами условий труда
	Профессиональные заболевания	Распространенность заболевания (группы заболеваний) в возрасте 20-25 лет				
		Низкая	Средняя	Высокая		
< 1	-	< 0.1	< 0.25	< 0.5	Низкая	1. Оптимальные
1	< 0.05	0.1-0.25	0.25-0.50	0.50-1.0	Пониженная	
2	0.05 - 0.1	0.25-0.50	0.51-1.00	1.1-2.0	Средняя	2. Допустимые
4	0.1-0.25	0.51-1.00	1.1-2.0	2.1-4.0	Повышенная	3.1. Вредные
8	0.25-0.50	1.1-2.0	2.1-4.0	4.1-8.0	Высокая	3.2. Вредные
16	0.51-1.00	2.1-4.0	4.1-8.0	8.1-16.0	Очень высокая	3.3. Вредные
32	1.1-2.0	4.1-8.0	8.1-16.0	16.1-32.0		3.4. Вредные
64	2.1-4.0	8.1-16.0	16.1-32.0	32.1-64.0		4. Опасные
> 64	4.1-8.0	> 16.0	>32.0	> 64.0		

Значение физиологического интервала трудовых действий как определителя кратковременных реакций и долговременных функциональных изменений у работников, содержание и условия труда которых не изменялись в течение 10 и более лет, иллюстрируется на рисунке

7.



III

II

I

Рисунок 7 – Кратковременные и долговременные последствия отклонения темпа трудовых действий от оптимальных значений физиологического интервала трудовых действий (пояснения в тексте)

Графики **I** на рисунке 7 показывают краткосрочные изменения показателей физиологических реакций организма при 1-2 минутной работе с различным темпом действий: **К** – "комфортный" темп, соответствующий физиологически оптимальной величине интервала деятельности – 1; **П** и **В** – соответственно повышенный и высокий темп (уменьшение интервала на 15 и 30%); **Н** – низкий темп (увеличение интервала на 20%). Стрелки указывают на длительность интервала комплекса трудовых действий при работе с разными темпами. Графики **II** показывают изменение некоторых показателей физиологической реакции организма человека по ходу рабочего дня и при разном темпе труда (уровни **Н, К, П, В** на нижнем графике). Графики **III** показывают рост риска специфического (заболевания мышц и суставов рук) и неспецифического (гипертоническая болезнь) функционального перенапряжения организма работника по годам стажа при разной среднесменной интенсивности трудового процесса (те же уровни **Н, К, П, В**, что и на нижнем графике).

Приведенные на рисунке данные показывают, что когда средние за смену фактические значения времени трудовых приемов на 20-30% меньше оптимальных величин их физиологического интервала, работа становится чрезвычайно утомительной, резко повышается профессионально обусловленных риск общих заболеваний.

**Риск хронической усталости при различных сочетаниях интенсивности трудового процесса с продолжительностями рабочего дня и недели.** Риск хронической усталости обусловлен дефицитом отдыха, возникающим при физиологически неадекватных сочетаниях ИТ<sub>см</sub> с ПРД и ПРН. Расчёт проводился по разработанной нами формуле:

$ДО_{-с} [ИТ_{см}, ПРН, ПРД] = ЧУ[ИТ_{см}, ПРН, ПРД] * 0.66 - O_c [varO_c, ПРД]$ ,  
 где: [ИТ<sub>см</sub>, ПРН, см] – сменная интенсивность труда, продолжительности рабочего дня и недели: (ИТ<sub>см</sub> ÷ 0,6-1,4; ПРД ÷ 6-12 час, ПРН ÷ 32-56 час);

ДО [С, ПРН, ПРД], час – дефицит отдыха, образовавшийся в течение одного рабочего дня при режиме труда с параметрами ИТ<sub>см</sub>, ПРН, ПРД, вследствие недостаточности внутрисменного отдыха;

ЧУ [ИТ<sub>см</sub>, ПРН, ПРД], час – продолжительность состояния усталости в рабочие дни при режиме труда с параметрами ИТ<sub>см</sub>, ПРН, ПРД (таблица 7);

О<sub>с</sub>, час – время отдыха в период бодрствования вне рабочего дня;

[varO<sub>с</sub>] – различные варианты величины свободного времени вне рабочего дня в течение суток при разной ПРД;

0.66 – доля часов ЧУ, приходящаяся на внерабочее время (рисунок 6).

Проведены расчеты величины дефицита отдыха при различных сочетаниях интенсивности трудового процесса с продолжительностью рабочего дня и недели и разных вариантах свободного времени.

На основании данных о продолжительности состояния усталости работников и величины дефицита отдыха с учетом свободного внерабочего времени установлены величины годового прироста риска хронической усталости работников при разных сочетаниях среднесменной интенсивности трудового процесса с продолжительностью рабочего дня и недели. Эти величины ГПР представлены в таблице 10.

При интенсивности труда ИТ<sub>см</sub><sup>опт</sup> = 0,8 отсутствует годовой прирост риска синдрома хронической усталости (ИНС > 24) при варьировании ПРД и ПРН в широком диапазоне: продолжительности рабочего дня 8-12 часов при продолжительности недели 40-48 часов. При ИТ<sub>см</sub><sup>опт</sup> = 1,0 и продолжительности рабочего дня 8 часов ГПР=0 при варьировании продолжительности рабочей недели от 40 до 56 часов. При ИТ<sub>см</sub><sup>опт</sup> = 1,2 годовой прирост риска отсутствует, когда продолжительность рабочего дня не превышает 8 час, а ПРН=40 час. При высокой интенсивности трудового процесса (ИТ<sub>см</sub><sup>опт</sup> = 1,4) профилактика риска хронической усталости работников вследствие дефицита отдыха обеспечивается сокращением рабочего времени – ПРД < 8 час и (или) ПРН < 40 час.

Таблица 10 – Годовой прирост риска хронической усталости и обусловленных ею заболеваний при различных сочетаниях интенсивности трудового процесса с продолжительностями рабочего дня и недели

Интенсивность трудовых действий <sup>*)</sup> , ИТ <sub>см</sub> <sup>опт</sup>	Продолжительность рабочей недели, ПРН, час											
	32			40			48			56		
	Продолжительность рабочего дня, ПРД, час <sup>**)</sup>											
	8	10	12	8	10	12	8	10	12	8	10	12
	Годовой прирост риска, ГПР, %											
Пониженный (0.8)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Умеренный (1.0)	0	0	0	0	0	3	0	1	7	0	3	10
Повышенный (1.2)	0	0	14	0	8	23	1	17	31	7	26	39
Высокий (1.4)	0	13	32	6	21	40	14	29	48	22	37	55

<sup>\*)</sup> ИТ<sub>см</sub>=1 при различных сочетаниях плотности и темпа трудовых действий, например, когда плотность составляет П=0.86 (14% рабочего времени смены составляют перерывы и паузы, пассивное ожидание, наблюдение) и работа производится в физиологически оптимальном, «комфортном» темпе Т=1 или при П=0.77 и Т=1.12; П=0,72 и Т=1,20; П=0,96 и Т=0,90.

<sup>\*\*)</sup> при ПРД=6 час дефицита отдыха нет при всех указанных в таблице уровнях ИТ<sub>см</sub> и значений ПРН.

### Заключение

Совокупность временных характеристик трудовой деятельности и взаимоотношений между ними представляет собой особую целостность, двумя проявлениями которой является биологический ритм уровня бодрствования человека и взаимосвязь его основных параметров – продолжительности, плотности и темпа действия. Сочетания ИТ с ПРД, ПРН, которые являются основным хронобиологическим регулятором острого и хронического утомления работающих, необходимо анализировать и регулировать совместно. Физиологический диапазон темпа трудовых процессов и лабильность функциональных систем трудовых действий является особым классом поведенческих адаптаций, которые детерминируют интенсивность труда и связанную с ней напряженность работы. Показатель динамики здоровья – «годовой прирост риска», использованный для оценки сочетаний ИТ с ПРД, ПРН, часто является

более адекватным и эффективным критерием по сравнению с экстенсивными итоговыми показателями нарушения здоровья работающих во вредных условиях.

На основании хронобиологического диахронического исследования работоспособности и утомления человека была установлена последовательность действий при определении оптимальной продолжительности рабочего дня и недели (рисунок 8).

Перспективными исследованиями рисков, связанных с неадекватными сочетаниями интенсивности труда с продолжительностями рабочего дня и недели, являются обоснование понижающих коэффициентов к установленным сочетаниям параметров ИТ, ПРД, ПРН:

при воздействии вредных факторов производственной среды (степень 3.2 и более); для трудовых процессов с большим удельным весом быстро утомляющих трудовых действий, требующих высокого эмоционального напряжения, обусловленного максимальными усилиями работников – мышечными, сенсорными, умственными (в т.ч. в профессиональном спорте); для трудовых процессов, с большим удельным весом не темповых действий (статические мышечные усилия, сенсорное слежение, оперативный покой); при нестандартных режимах труда: вахтовый метод организации труда; постоянная и периодическая работа в ночное время, сезонные работы; при учете индивидуальных факторов работника, прежде всего,

возраста, состояния здоровья, уровня профессиональной работоспособности, наличия свободного времени для отдыха.

Перспективным является расширение и углубление метода оценки тенденций в возрастной и стажевой динамике показателей профессионального риска (область герогигиены труда); разработка фоновых значений годового прироста риска и методов определения его непрофессиональных фракций.

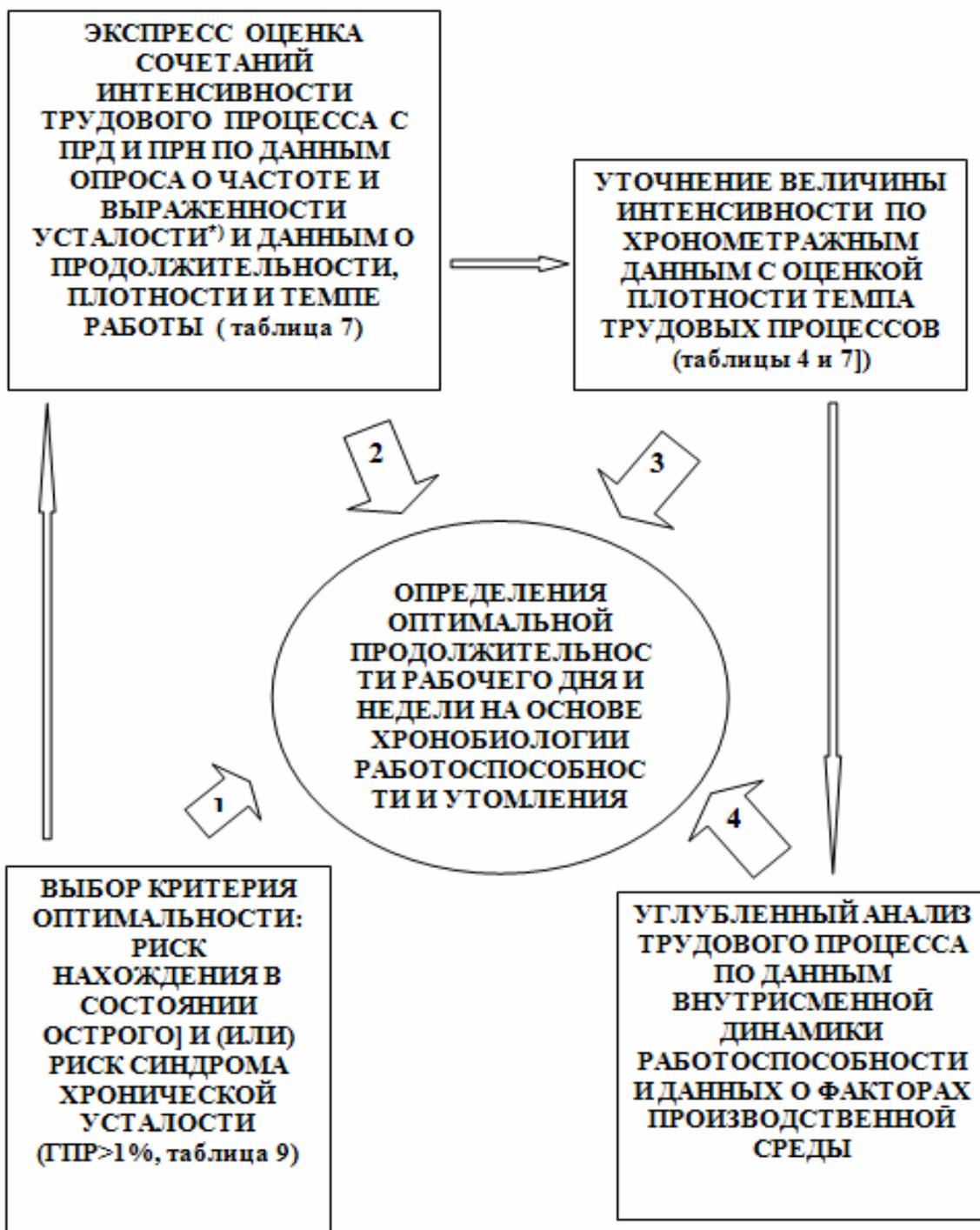


Рисунок 8. Последовательность действий при определении оптимальной продолжительности рабочего дня и недели на основе хронобиологии работоспособности и утомления

## Выводы

1. Установлены диапазоны физиологических интервалов физических действий, зрительных и умственных процессов в зависимости от степени мобилизации лабильности функциональных систем трудовых действий, их физиологического темпа. Определен диапазон изменения времени трудовых действий разной сложности в зависимости от уровня усвоения ритма при обучении и тренировке, который составляет при низкой сложности действий 1,2; при средней – 1,4; при высокой – 2,0; при очень высокой – 12,0. Выявлен диапазон индивидуальных различий времени трудовых действий в зависимости от возраста и пола работников.

2. Определены закономерности взаимосвязи внутрисменной динамики функционального состояния и работоспособности человека с интенсивностью трудового процесса и продолжительностью рабочего дня при физическом, зрительном и умственном труде. Изменение физиологической интенсивности трудового процесса от пониженного до повышенного уровня детерминирует внутрисменную динамику работоспособности, от типичной для монотонной деятельности до характерной для нервно-гуморального стресса и локального мышечного перенапряжения. При алгоритмизированном легком физическом, зрительно-напряженном и умственном видах труда соотношение уровней среднесменного темпа трудового процесса, ещё не вызывающего усталость и вызывающего сильную усталость, составляет 1,43-1,50. Разработаны нормативы для оценки физиологической интенсивности физического труда, общего, регионального и локального типов, зрительного и умственного труда.

3. Дана гигиеническая оценка динамики риска стойкого ухудшения показателей функционального состояния и здоровья работников при сочетаниях интенсивности трудовых действий с продолжительностями рабочего дня и недели, неадекватными физиологическим возможностям

организма человека. Для этих сочетаний установлены величины годового прироста риска хронической усталости.

4. Установлено, что стандарты времени на движения и реакции человека в международной системе «Work Factors» в среднем в 1,23 раза меньше физиологически оптимального времени трудовых действий; стандарты времени международной системы «Method Time Measurement» – в 1,13 раза; нормативы «Базовой системы микроэлементов» работы – в 1,07 раза. Точность прогнозирования времени и темпа возрастает с увеличением количества в операции разнообразных трудовых действий. Точность прогнозирования темпа сложных трудовых действий снижается, так как во всех системах недостаточно определен уровень специализированного навыка работника.

5. Показатель «интенсивность труда за рабочий день» ( $ИТ_{см}$ ) рассчитывается как произведение среднесменных значений плотности и темпа трудового процесса. Показатель «интенсивность труда за рабочую неделю» ( $И_{нед}$ ) рассчитывается как произведение  $ИТ_{см}$  и продолжительности рабочей недели. Разработаны нормативы для оценки  $ИТ_{см}$  и  $ИТ_{нед}$ .

6. Определены контрольные значения для оценки динамики частоты сердечных сокращений по ходу рабочего дня для характеристики среднесменной интенсивности физического труда локального, регионального и общего характера. Увеличение частоты пульса при выполнении тех же рабочих операций на 1 - 4 уд/мин в 7 часу работы относительно 2-го часа характерно для повышенного уровня интенсивности трудового процесса; до 8 уд/мин – для высокого уровня; более чем на 8 уд/мин – для очень высокого уровня интенсивности.

7. Предложен показатель «продолжительность состояния усталости». За рабочий день показатель определяется как время от момента появления усталости при работе до ее исчезновения после работы.

Показатель за рабочую неделю определяется с учетом количества рабочих дней. Установлена зависимость этих показателей от физиологической интенсивности трудового процесса и продолжительностей рабочего дня и недели. Среднегодовая допустимая величина продолжительности состояния усталости составляет 20-24 часа в неделю.

8. Разработаны методики определения суточного, недельного и годового дефицита отдыха у работающих при разных сочетаниях физиологической интенсивности трудового процесса с продолжительностями рабочего дня и недели. Суточный дефицит отдыха определяется как разница продолжительности состояния усталости во внерабочее время и свободного внерабочего времени.

9. Разработаны экспресс-методы выявления рисков хронического двигательного, зрительного и неспецифического переутомления работников и шкала оценки их стажевой динамики. Использовались интегральные оценки качества, количества и частоты наиболее распространенных симптомов переутомления.

10. Установлен критерий «средний годовой прирост вероятности хронического нарушения здоровья» (ГПР) и шкалы для оценки его стажевой динамики. Хронобиологическая оценка ГПР определяется как соотношение фактического ГПР к его фоновому значению, наблюдаемому при отсутствии вредных экзогенных факторов. Предложены величины фоновых значений ГПР хронического двигательного, зрительного и неспецифического переутомления работников, ГПР различных заболеваний – с временной утратой трудоспособности, ГПР общих заболеваний.

11. На основе разработанной методологии установлены хронобиологические закономерности взаимосвязи работоспособности и утомления с состоянием здоровья работающих; определены

оптимальные сочетания интенсивности труда с продолжительностями рабочего дня и недели.

### **Практические рекомендации**

Специалистам по медицине труда, по нормированию и охране труда рекомендуется:

- использовать разработанную методологию хронобиологического подхода к выявлению, анализу, оценке и прогнозированию профессиональных рисков;
- использовать разработанный показатель «годовой прирост риска» и методики его определения при проведении социально-гигиенического мониторинга среди населения, подверженного воздействию вредных профессиональных, экологических, социальных факторов; для оценки и прогнозирования риска нарушения здоровья работающих по результатам периодических медицинских осмотров;
- использовать разработанные нормативы, критерии и алгоритмы для установления безопасных режимов труда, включая оценку сочетаний интенсивности труда с продолжительностями рабочего дня и недели (рисунок 8);
- использовать результаты физиологической оценки стандартов времени на движения и реакции человека систем БСМ, МТМ и Work Factors при разработке научно обоснованных норм труда и для оценки действующих норм алгоритмизированного труда;

При определении оптимальной продолжительности рабочего дня рекомендуется использовать два вида критериев – физиологическая стоимость работы и надежность её исполнения (риск нахождения на рабочем месте в состоянии усталости). Эти критерия определяются:

- по номограмме «продолжительность состояния усталости работников при различных сочетаниях физиологической интенсивности труда с продолжительностями рабочего дня и недели»;

- по гигиеническим нормативам для оценки интенсивности труда за рабочий день и за календарную неделю;
- по таблице «Годовой прирост риска хронической усталости и обусловленных ею заболеваний, при различных сочетаниях интенсивности трудового процесса с продолжительностями рабочего дня и недели».

Рекомендуется включить в показатели напряженности труда системы СОУТ показатель «физиологическая интенсивность труда».

#### СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. **Виноградова, О.В. К физиолого-гигиенической характеристике ночного труда при погрузоразгрузочных работах/ О.В. Виноградова, Г.А. Сорокин., Н.Н. Хавкина // Гигиена труда и профессиональных заболеваний. – 1975. – №2. – С.5-8.**
2. **Сорокин, Г.А. Системы стандартов времени на трудовые движения и их использование для оценки темпа работы / Г.А. Сорокин// Физиология человека. – 1980. – Том 6. – № 6. – С.1085-1093.**
3. **Сорокин, Г.А. Определение допустимого темпа работы на конвейере / Г.А. Сорокин, А.И. Кобатов //Актуальные вопросы психологии и физиологии труда в условиях механизированного и автоматизированного производства. – М. – 1980. – С.39-43.**
4. **Аверьянов, В. С. Макроинтервал как показатель функционального состояния организма при профессиональной деятельности /В.С. Аверьянов, Г. А. Сорокин, Н. С. Уткина, А. Е. Подоба // Физиология человека. – 1982. – Том 8. – № 3. – С. 469-476.**
5. **Котов, В. Д. Микроэлементные нормативы времени для сборки-клейки резиновой обуви / В.Д. Котов, В.С. Аверьянов, Г.А. Сорокин // Каучук и резина. – 1983. – №10. – С. 34-38.**
6. **Сорокин, Г. А. Хронобиологическое направление в исследованиях по физиологическому нормированию труда / Г.А. Сорокин // Актуальные проблемы психофизиологии зрительно-напряженных работ. –Л.– 1990. – С.20-41.**
7. **Сорокин, Г. А. Определение физиологически допустимых норм зрительно-напряженного труда / Г.А. Сорокин // Там же, С. 63-83.**
8. **Сорокин, Г.А. Зависимость состояния здоровья сборщиц от степени производственного утомления / Г.А. Сорокин, А. И. Кемпи., В. Ю. Лебская //Гигиена и санитария. – 1991. – № 3. – С. 32-34.**
9. **Сорокин, Г. А. Об интегральных оценках факторов условий труда по ведущему фактору и по сумме баллов / Г.А. Сорокин // Здравоохранение Российской Федерации. – 1993. – № 10. – С.29-30.**
10. **Сорокин, Г. А. Изучение количественных характеристик причин функционального перенапряжения рук/Г.А. Сорокин, А.Е. Чубенко //Медицина труда и промышленная экология. – 1995. – № 11. – С. 18-21.**
11. **Воронин, В.А. Анамнестический метод изучения причинно следственных связей между состоянием общественного здоровья производственными, экологическими и социальными факторами / В.А. Воронин, Г.А. Сорокин, В.П.Плеханов // Медицина труда и промышленная экология. – 1995. – № 11. – С. 40-43.**
12. **Сорокин, Г. А. Хроническое утомление работающих – показатель для оценки риска/Г.А. Сорокин// Гигиена и санитария. – 1999. – № 1, –С. 21-25.**

13. Сорокин, Г.А. Защита временем / Г.А. Сорокин, Н.В. Барков // Охрана труда и социальное страхование. – 1999. – № 3. – С. 65-70.
14. Сорокин, Г. А. Интегральная оценка субъективных симптомов для выявления хронического зрительного, двигательного и неспецифического переутомления работающих / Г.А. Сорокин // Медицина труда и промышленная экология. – 1998. – № 11. – С. 13-19.
15. Сорокин, Г. А. Нормирование напряженности труда по его продолжительности, плотности и темпу / Г.А. Сорокин // Медицина труда и промышленная экология. – 2001. – № 10. – С. 28-32.
16. Сорокин, Г. А. Использование пульсометрии для физиологического нормирования интенсивности труда / Г.А. Сорокин // Медицина труда и промышленная экология. – 2003. – № 8. – С. 21-25.
17. Сорокин, Г. А. Экспресс оценка риска – «транспортные магистрали - окружающая среда - здоровье населения» / Г.А. Сорокин // Берг коллегия: промышленная безопасность, энергетика, экология. – 2005. – № 3. – С. 14-16. – С.1-5
18. Сорокин, Г. А. Динамика ЗВУТ как показатель профессионального риска / Г.А. Сорокин // Гигиена и санитария. – 2007. – № 4. – С. 43-46.
19. Сорокин, Г. А. Хронофизиологическое исследование профессионально-обусловленной усталости. / Г.А. Сорокин // Физиология человека. – 2008. – №6. – С. 70-77.
20. Сорокин, Г. А. Хроническая усталость – показатель для оценки профессиональных, экологических и социальных рисков / Г.А. Сорокин // Spirit of time. – 2008. – № 2. – С.12-13.
21. Сорокин, Г. А. Chronophysiological Study of Occupational Fatigue / Г.А. Сорокин // Human Physiology. – 2008. – Vol. 34. – № 6. – pp. 715-721.
22. Сорокин, Г. А. Исследование профессионального риска при напряжении зрения. / Г.А.Сорокин В.П. Плеханов // Медицина труда и промышленная экология. – 2009. – № 4. – С. 30-35.
23. Сорокин, Г. А. Утомление и профессиональный риск / Г.А. Сорокин // Изд. Политехнического университета. – СПб. – 2009 – 368 с.
24. Сорокин, Г. А. Режимы труда электросварщиков в условиях нагревающего микроклимата. / Г.А. Сорокин, Н.М. Фролова // Медицина труда и промышленная экология. – 2010. – № 4. – С. 6-10.
25. Сорокин, Г. А. Возрастная и стажевая динамика общей заболеваемости работников судостроительного предприятия. / Г.А. Сорокин, В.Л. Суслов // Журнал профилактической и клинической медицины. – 2011. – № 4. – С.39-45.
26. Сорокин, Г. А. Определение профессионально-обусловленной доли в общей заболеваемости работников судостроительного предприятия. / Г.А. Сорокин, В.Л. Суслов // Морской вестник. – Специальный выпуск. – июнь 2011. – № 1(8). –С. 61-63.
27. Дударев, А. А. Актуальные проблемы гигиены труда и профессиональной патологии офисных работников / А.А. Дударев, Г.А. Сорокин // Медицина труда и промышленная экология. – 2012. – № 4. – С. 1-8.
28. Сорокин, Г. А. Оценка риска функционального перенапряжения рук, связанного с динамическими, статическими усилиями и локальной вибрацией. / Г.А. Сорокин, Н.М. Фролова // Экология человека. – 2012. – № 6. С. 13-20.
29. Сорокин, Г. А., Фролова Н. М. Физиолого-гигиеническое обоснование длительности смены (8 и 12 час) при непрерывном производстве // Медицина труда и промышленная экология. – 2013. – № 8. С.7-12.
30. Сорокин, Г.А. Определение и оценка дефицита отдыха при различных сочетаниях интенсивности труда с продолжительностью рабочего дня и недели / Г.А. Сорокин // Труды Международной н.п. конференции «Психология труда, инженерная психология и эргономика» СПб, 2014, С. 422-428.

31. Сорокин, Г. А. Оценка профессионального риска при режиме труда с ночной работой / Г.А. Сорокин, Н.М. Фролова // Медицина труда и промышленная экология. – 2014. – № 9. С.32-37.
32. Сорокин, Г.А. Риск хронического утомления при режимах труда, неадекватных восстановительной способности организма человека. / Г.А. Сорокин // Актуальные проблемы медицины труда /Мат. науч. конф. СПб. – 2014. – С.70-71.
33. Сорокин, Г.А. Профессиональные риски при режимах труда с ночной работой / Г.А. Сорокин // Справочник специалиста по охране труда. – 2014. – № 1. – С.37-44.
34. Сорокин, Г. А. Режимы труда на конвейере сборки автомобилей в условиях нагревающего микроклимата. / Г.А. Сорокин // Экология человека. – 2016. – № 1. С. 20-25.
35. Сорокин, Г. А. Работа, утомление и профессиональный риск / Г.А. Сорокин // Изд. Политехнического университета. – СПб. – 2016 – 456 с.
36. Сорокин, Г.А. Возрастная и стажевая динамика показателей здоровья работающих как критерий для сравнения профессиональных и непрофессиональных рисков. / Г.А. Сорокин // Гигиена и санитария. – 2016. – № 4. – С. 355-361.
37. Сорокин, Г.А. Оценка профессионально-обусловленного и непрофессионального рисков нарушения здоровья водителей грузовых автомобилей / Г.А. Сорокин, С.В. Гребеньков, Я.М. Сухова, В.В. Шилов // Медицина труда и промышленная экология. – 2016. – № 6.
38. Сорокин, Г. А., Сулов В. Л. Количественная модель для прогнозирования стажевой динамики риска хронических заболеваний судостроителей / Г.А. Сорокин // Морской вестник, 2016. – 4. – 90-92.
39. Сорокин, Г. А. Оценка вредности условий труда на судовой верфи по показателям риска здоровью судостроителей / Г.А. Сорокин, В.Л. Сулов // Судостроение, 2017. – 1. – 57-59.
40. Сорокин, Г.А. Гигиенические аспекты хронической профессиональной усталости и старения / Г.А. Сорокин, В.В. Шилов // Гигиена и санитария. – 2017. – № 7. – С.627-631.
41. Сорокин, Г.А. Хроническая усталость и профессиональное выгорание медицинских работников. / Г.А. Сорокин, В.Л. Сулов, С.В. Гребеньков // Медицина труда и промышленная экология. – 2017. – № 9. — С.175
42. Сорокин, Г.А. Профессия и здоровье в судостроении. / Г.А. Сорокин, В.Л. Сулов, Л.Е. Дедкова // Медицина труда и промышленная экология. – 2017. – № 9. —С.176.
43. Сорокин, Г.А. Значение героигиены для выявления и оценки профессиональных, экологических и социальных рисков. / Г.А. Сорокин //Гигиена и санитария. – 2017. – №11. – 1021-1024.
44. Сорокин, Г.А. Физиологическое нормирование интенсивности труда – основа первичной профилактики организационных и психосоциальных рисков /Г.А. Сорокин // Профилактическая медицина -17. Всероссийской н.п. конференция с международным участием. СПб,6 декабря 2017 ,С.101-106.
45. Сорокин, Г.А. Профессиональное выгорание, рабочая нагрузка и качество работы врача / Г.А. Сорокин, В.Л. Сулов, Е.В. Яковлев // Российский семейный врач. – 2018 – №2(т.22). – С.19-24.
46. Сорокин, Г.А. Интегральная оценка психосоматических симптомов профессионального выгорания и его профилактика. / Г.А. Сорокин // Вестник Росздравнадзора. – 2018. – №1. – С. 40-45.
47. Сорокин, Г.А. Значение хронических нарушений сна для здоровья работающих и их связь с профессиональным и непрофессиональным нервно-психическим напряжением /Г.А.Сорокин//Медицина труда и промышленная экология. – 2018.– № 5.—С.8-13.

48. Суслов, В.Л. Анализ и гигиеническая оценка 9-ти летней динамики заболеваемости с временной утратой трудоспособности судостроителей /В.Л. Суслов, Г. А. Сорокин, С.В. Гребеньков // Медицина труда и промышленная экология. – 2018. – № 5. – С.25-31.
49. Сорокин, Г.А. Профессиональное выгорание врачей: значение интенсивности и качества работы. / Г.А. Сорокин, В.Л.Суслов, Е.В. Яковлев, Н.М.Фролова //Гигиена и санитария. – 2018. – № 12. – С.1221-25.
50. Сюрин С.А., Оценка возрастной и стажевой динамики риска нарушений здоровья у горняков арктической зоны России. / С.А. Сюрин, Г.А. Сорокин //Гигиена и санитария. – 2018. – № 12. – С.1198-02.
51. Сорокин, Г.А. Системы управления риском усталости на рабочем месте для повышения безопасности при организации судостроительного производства / Г.А. Сорокин // Морской вестник. – 2019. – №1. – С.43-47.
- 52.. Сорокин, Г.А. Оценка влияния вредных условий труда и курения на здоровье работников промышленных предприятий/ Г.А. Сорокин, С. А. Сюрин // Гигиена и санитария. – 2019. – № 6. – С.646-51.
53. Сорокин, Г.А. Организационные, психосоциальные и экологические факторы усталости и здоровья работников судостроения/ Г.А. Сорокин, В.Л.Суслов// Морской вестник. – 2019. – №2. – С.120-123.
54. Сорокин, Г.А. Влияние усталости и переутомления на общую заболеваемость работников/Г.А. Сорокин, Н.Д. Чистяков, В.Л. Суслов//Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – № 8. — С.494-00.
55. Сорокин, Г.А. Влияние на усталость и здоровье судостроителей организационных, психосоциальных и экологических факторов условий труда/ Г.А. Сорокин, В.Л. Суслов, Н.М. Фролова// Здоровье населения и среда обитания. – 2019. – №10. – 21-6.
56. Сорокин, Г.А. Установление закономерностей образования дефицита отдыха при бодрствовании и при сне фундаментальная задача хронофизиологии и медицины труда/ Г.А.Сорокин, М.П., Чернышева, В.В.Шилов // Итоги и перспективы развития медицины труда в первой четверти XXI/Мат. н. конф. с международным участием. СПб. 2019. С.123-126.
57. Сорокин, Г.А. Хронобиологические риски в охране и медицине труда / //Г.А.Сорокин //Материалы III международного научного форума «Здоровье и безопасность на рабочем месте», 15–17 мая 2019, Новополоцк-Полоцк, Республика Беларусь. – С.302-307.
58. Сорокин, Г.А. Профессиональное выгорание и психофизиологический диапазон производительности труда/ Г.А. Сорокин, В.В. Шилов// Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения» труды XIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Т.14. Ч.3. СПб.–2020.– 129-138.

### **Методические материалы по теме диссертации**

1. Аверьянов, В.С. Базовая система микроэлементных нормативов времени для расчета научно-обоснованных норм времени на операции по сборке-клейке резиновой обуви / В. С.Аверьянов, Г. А. Сорокин // Методические и нормативные материалы. – Л. – 1985. – 73 с. Утв. приказом Миннефтехимпрома СССР 28.11.83 № 1122.
2. Сорокин, Г.А. Использование нормативов времени на трудовые движения для прогнозирования скорости обучения / Г.А. Сорокин, А.И. Кемпи // Эргономические вопросы эффективности производственного обучения в средних профтехучилищах. Указатель межведомственных материалов. 1987, № 12.
3. Сорокин, Г.А. Метод оценки зрительной нагрузки при прецизионном труде / Г.А. Сорокин, А.И. Кемпи, А.Е. Чубенко // Методические рекомендации. – Л. – 1991. – 15с. – Утверждены МЗ РСФСР от 4. 02. 1991.

4. Сорокин, Г. А. Оценка факторов трудовой нагрузки. Методические рекомендации. – Л. – 1994. – 30 с. – Утверждены. ГКСЭН РФ 27. 04. 1995.
5. Сорокин, Г.А. Экспресс-метод количественной гигиенической оценки условий труда женщин / **Г.А. Сорокин** // Пособие для врачей. – СПб. – 1999. – 40 с. – Утверждено МЗ РФ 22. 10. 1999, № 8.
6. Сорокин, Г. А. Оценка риска возникновения профессиональных заболеваний и методы определения безопасного стажа работы при функциональном перенапряжении верхних конечностей / **Г.А. Сорокин** // Пособие для врачей. – СПб. – 2001. – 28 с. – Утверждено секцией гигиены УМС МЗ РФ протокол №10 от 10. 10. 2001.
7. Сорокин, Г. А. Методы оценки профессионального риска при напряжении зрения и меры его профилактики / **Г.А. Сорокин**, В.П. Плеханов // Пособие для врачей. – СПб. – 2009. – 48с. – Одобрено и рекомендовано к утверждению Уч. советом ФНЦ Гигиены им. ФФ. Эрисмана 27. 11. 2008 протокол №4.
- 8 Сорокин Г.А. Физиолого-гигиенические требования к организации режимов работы при повышенной продолжительности рабочей смены (до 12 часов). Методические указания. СПб. – 2016. – 40с. – Одобрено и рекомендовано к утверждению Уч. советом СЗНЦ ГиОЗФНЦ от 7.10.2016.
9. Сорокин, Г.А. Разработка количественной модели для профилактики и прогнозирования риска синдрома «профессионального выгорания». Методические рекомендации. СПб. – 2018. – 18с. – Одобрено и рекомендовано к утверждению Уч. советом СЗНЦ ГиОЗФНЦ от 20.09.2018.
10. Сорокин, Г.А. Модель прогнозирования риска здоровью работников при нарушениях суточного ритма сна и бодрствования. Методические рекомендации. СПб. – 2018. – 20с. – Одобрено и рекомендовано к утверждению Уч. советом СЗНЦ ГиОЗФНЦ от 20.09.2019.

### **Список сокращений и условных обозначений**

**ФС** – функциональная система трудового действия (по П.К. Анохину).

**ПРД** – продолжительность рабочего дня.

**ПРН** – продолжительность рабочей недели.

**ИТ** – физиологическая интенсивность трудового процесса.

**П** – плотность трудового процесса; доля времени трудового процесса, которую составляет суммарное время всех активных трудовых действий.

**П<sub>см</sub>** – средняя за рабочий день (смену) плотность трудового процесса

**t<sub>opt</sub>; t<sub>min</sub>** – величина физиологически оптимального и минимального времени трудового действия (комплекса действий).

**T** – уровень темпа трудовых действий.

**T<sub>opt</sub>; T<sub>max</sub>** – физиологически оптимальный и максимальный уровни темпа трудовых действий при их кратковременном (до 20с) исполнении.

**T<sub>см</sub>** – средний за смену темп трудовых действий (без учета микропауз).

**T<sub>см<sup>opt</sup></sub>; T<sub>см<sup>max</sup></sub>** – величина T<sub>см</sub>, определенная относительно T<sub>opt</sub> и T<sub>max</sub>.

**ИТ<sub>см</sub>** – физиологическая интенсивность труда за рабочий день (смену); интегральная оценка среднесменной плотности П<sub>см</sub> и среднесменного темпа трудовых действий T<sub>см</sub> ;

**И<sub>см</sub> = T<sub>см</sub> × П<sub>см</sub>.**

**И<sub>opt</sub>; И<sub>max</sub>** – физиологически оптимальный и максимальный уровни интенсивности труда.

**ИТ<sub>см<sup>opt</sup></sub>; ИТ<sub>см<sup>max</sup></sub>** – величина ИТ<sub>см</sub>, определенная относительно соответственно ИТ<sub>opt</sub> и ИТ<sub>max</sub>.

**ИТ<sub>нед</sub>** – физиологическая интенсивность труда за неделю; интегральная оценка интенсивности И<sub>см</sub> и количества рабочих дней (**КРД**) в календарной неделе: **ИТ<sub>нед</sub> = ИТ<sub>см</sub> × КРД.**

**ИТ<sub>см<sup>пду</sup></sub>** – значения ИТ<sub>см</sub>, предлагаемые для использования в качестве предельно допустимых уровней.

**ИТ<sub>см<sup>отн</sup></sub>** – значения ИТ<sub>см</sub> относительно ИТ<sub>см<sup>пду</sup></sub> (ИТ<sub>см<sup>отн</sup></sub> = ИТ<sub>см</sub> / ИТ<sub>см<sup>пду</sup></sub>).

**НЧ** – физиологически нормированный час работы.

**ДО** – дефицит отдыха.

**ССВ** – система стандартов времени на движения и реакции человека.

**Work Factors (WF)**– одна из систем ССВ с наиболее ясной терминологией и разработанными вариантами детального и упрощенного анализа трудового процесса.

**Method Time Measurement (МТМ)** – международная система ССВ.

**Базовая система микроэлементных нормативов времени (БСМ)** – отечественная ССВ.

$t_{WF}$ ;  $t_{МТМ}$ ;  $t_{БСМ}$  – нормативы времени систем **WF**, **МТМ**, **БСМ**.

$T_{WF}$ ;  $T_{МТМ}$ ;  $T_{БСМ}$  – темп трудовых действий, заложенный в нормативы времени систем **WF**, **МТМ**, **БСМ**.

**Требования к трудовому движению по ССВ Work Factors:**

**D** требование остановки движения в определенном месте пространства, соответствующем сфере с диаметром 5 см и более

**S** – требование к точности направления движения, существует, когда движения направлены к объекту, занимающему сферу диаметром менее 5 см, но более 1,5 см

**W** – силовое требование к движению руки (вес объекта перемещения или сопротивление), величиной 0,8-2,8 кг для мужчин, 0,4-1,5 кг для женщин

**WW** – силовое требование к движению руки величиной 2,9-5,2 кг для мужчин, 0,5-2,6 кг для женщин

**L** – амплитуда движения.

**САД** (мм. рт. ст.) – систолическое артериальное давление крови.

**ДАД** (мм. рт. ст.) – диастолическое артериальное давление крови.

**ЧП<sub>р</sub>** (уд/мин) – частота пульса при выполнении трудовых действий.

**ЧП<sub>о</sub>** (уд/мин) – частота пульса при отдыхе в период пауз и перерывов в работе.

**ЧД**(дых/мин) – частота дыхания (дыханий в минуту)

**ЧД<sub>р</sub>** (дых/мин) – частота дыханий при выполнении трудовых действий.

**ЧД<sub>н</sub>** (дых/мин) – частота дыханий в покое.

**БА** (отн. ед.) – биоэлектрическая активность мышц.

**Рел** (отн. ед.) – показатель информационной нагрузки при выполнении трудовых действий

**РДО**, мс – реакция на движущийся объект.

**КЧСМ**, гц – критическая частота слияния мельканий.

**ЧР** (час) – часы усталости на работе: продолжительность нахождения в состоянии усталости во время рабочего дня.,

**ЧИ** (час) – часы исчезновения усталости: продолжительность нахождения в состоянии усталости после окончания рабочего дня.,

**ЧУ** (час) – часы усталости: продолжительность нахождения в состоянии усталости во время рабочего дня и после его окончания,  $ЧУ = ЧР + ЧИ$ .

**ЧУ<sub>э</sub>** – эквивалентные часы усталости; при умеренной усталости  $ЧУ<sub>э} = ЧУ</sub>$ ; при небольшой –  $ЧУ<sub>э} (час) = 0.6 \times ЧУ_1</sub>$ ; при большой –  $ЧУ<sub>э} (час) = 1.3 \times ЧУ_3</sub>$ .

**ИНС** – индекс неспецифических симптомов хронической усталости.

**ИЗД** – индекс хронического зрительного дискомфорта.

**ИДД** – индекс хронического двигательного дискомфорта.

**ИСБ** (бал) - индекс суставных болей рук.

**ЗВУТ** – заболеваемость с временной утратой трудоспособности.

**АСАЗИТ** – автоматизированная система мониторинга ЗВУТ, условий труда и анкетных данных работников предприятия.

**ГПР** (%) – средний годовой прирост риска нарушения здоровья (заболеваемости, хронического утомления).

**РДБ** (%) – риск длительной ЗВУТ (30 и более дней в течение года).