

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет»



На правах рукописи

Степанов Игорь Сергеевич

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА
ДЛЯ УСЛОВИЙ НАГРЕВАЮЩЕГО МИКРОКЛИМАТА ПРИ
ПРОВЕДЕНИИ ГОРНЫХ РАБОТ НА НЕФТЯНЫХ ШАХТАХ

Специальность 05.26.01 – Охрана труда (в горной промышленности)

Диссертация
на соискание ученой степени кандидата технических наук

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ –
доктор технических наук,
профессор М.Л. Рудаков

Санкт-Петербург – 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
ГЛАВА 1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ УСЛОВИЙ И ОХРАНЫ ТРУДА РАБОТНИКОВ НЕФТЯНЫХ ШАХТ.....	11
1.1 Особенности и перспективы добычи высоковязких нефтей подземным способом.....	11
1.2 Анализ условий труда на нефтяных шахтах.....	21
1.3 Обзор научных исследований влияния параметров нагревающего микроклимата на работников.....	28
1.4 Анализ существующих методов оценки профессиональных рисков, обусловленных нагревающим микроклиматом.....	33
1.5 Выводы по главе 1.....	40
ГЛАВА 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ СРЕДЫ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ НЕФТЯНЫХ ШАХТ.....	41
2.1 Определение области применения ТНС-индекса в горных выработках нефтяных шахт.....	41
2.2 Определение области применения эффективной температуры в горных выработках нефтяных шахт.....	48
2.3 Выводы по главе 2.....	56
ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТНС-ИНДЕКСА.....	57
3.1 Общий подход к построению математической модели оценки профессионального риска на основе пробит-функции	57
3.2 Проверка гипотезы о нормальном распределении случайной величины, характеризующей накопление тепла в организме человека.....	64
3.3 Разработка математических моделей оценки профессионального риска, обусловленного нагревающим микроклиматом.....	76

3.4 Результаты оценки профессионального риска, обусловленного нагревающим микроклиматом	83
3.5 Выводы по главе 3	88
ГЛАВА 4 ОБОСНОВАНИЕ ПОДХОДА К СНИЖЕНИЮ ЗНАЧЕНИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ НАГРЕВАЮЩИМ МИКРОКЛИМАТОМ.....	90
4.1 Результаты оценки профессиональных рисков по фактическим значениям ТНС-индекса в рабочих зонах горных выработок.....	90
4.2 Определение необходимого снижения ТНС-индекса.....	94
4.3 Определение необходимого снижения эффективной температуры.....	97
Выводы по главе 4.....	101
Заключение.....	102
Список литературы.....	104
Приложение А.....	120

Введение

Актуальность темы исследований. Характерной особенностью термошахтной разработки нефтяных месторождений является наличие повышенной температуры и высокой влажности воздуха в горных выработках нефтяных шахт. По результатам специальной оценки условий труда класс условий труда по параметрам микроклимата на рабочих местах горнорабочих может достигать 3.3 - 3.4. Работа в таких микроклиматических условиях приводит к перегреванию организма работников, и, как следствие, к возрастанию нагрузки на центральную нервную и сердечно-сосудистую системы, к ухудшению самочувствия, снижению работоспособности, к обезвоживанию организма и тепловому удару. Так, при проведении горных работ в нефтяных шахтах в 2015 году погибло 2 человека в результате группового несчастного случая вызванного воздействием теплового фактора.

Действенным инструментом обоснования мероприятий по защите от вредных производственных факторов являются процедуры оценки и управления профессиональными рисками. Вопросам анализа и оценки профессиональных рисков в различных отраслях промышленности посвящены исследования таких отечественных ученых как Р.Ф. Афанасьевой, М.А. Бабаяна, Н.А. Бессонова, В.М. Бурмистрова, О.В. Бурмистровой, Э.И. Денисова, С.В. Ефремова, Н.Г. Занько, Н.Ф. Измерова, К.Р. Малаяна, С.Л. Пушенко, О.Н. Русака, Г.А. Суворова, Г.З. Файнбурга. Вопросы нормализации теплового режима при ведении горных работ отражены в исследованиях С.Г. Гендлера, Ю.Д. Дядькина, Б.П. Казакова, Л.Ю. Левина, Ю.В. Шувалова. Исследованиям параметров микроклимата на нефтяных шахтах посвящены работы Т.В. Грунского, Ю.В. Круглова, Е.В. Нор, М.А. Нора, В.П. Перхуткина, Н.С. Подосеновой, Н.Д. Цхадая.

Среди зарубежных ученых существенный вклад в решение вопросов оценки профессиональных рисков, обусловленных влиянием нагревающего микроклимата, внесли D.J. Brake, G.P. Bates, P.O. Fanger, D. Fiala, B. Kampmann, D. Minard, C.P. Yaglou.

Вместе с тем вопросы оценки профессиональных рисков при воздействии нагревающего микроклимата при ведении горных работ в нефтяных шахтах изучены недостаточно. Отсутствуют математические модели, позволяющие проводить непрерывную оценку риска перегрева как функции параметров микроклимата. Используемый в настоящее время на нефтяных шахтах матричный метод не позволяет оценивать риски с достаточной точностью.

В связи с вышеизложенным, актуальность темы исследования определяется необходимостью разработки метода оценки профессионального риска, позволяющего проводить непрерывную оценку риска перегрева работников в диапазоне параметров микроклимата, характерном для проведения горных работ на нефтяных шахтах.

Цель работы. Разработка метода оценки профессионального риска, обусловленного нагревающим микроклиматом при проведении горных работ на нефтяных шахтах, на основе вероятностного подхода к определению теплового состояния человека в производственных условиях.

Идея работы. Значение профессионального риска, обусловленного нагревающим микроклиматом, и необходимое снижение значения профессионального риска определяются методом пробит-функций в зависимости от уровня ТНС-индекса или эффективной температуры для различных категорий работ по энергозатратам.

Основные задачи исследований:

1. Проведение анализа существующих методов оценки профессиональных рисков в рамках современных систем управления охраной труда.
2. Анализ результатов медико-биологических исследований воздействия на работников нагревающего микроклимата с параметрами, характерными для горных выработок нефтяных шахт.
3. Определение области применения ТНС-индекса и эффективной температуры для оценки профессионального риска, обусловленного нагревающим микроклиматом, в горных выработках нефтяных шахт.

4. Разработка математических моделей оценки профессионального риска, обусловленного нагревающим микроклиматом, на основе пробит-функции для категорий работ по энергозатратам Ia, IIa, IIб.

5. Проведение экспериментальной апробации математических моделей оценки профессиональных рисков перегревания работников, выполняющих горные работы в нефтяных шахтах.

6. Обоснование подхода к уменьшению значений профессионального риска, обусловленного нагревающим микроклиматом.

Научная новизна:

- Получены эмпирические зависимости ТНС-индекса и эффективной температуры от значений скорости движения воздуха, характерных для горных выработок нефтяных шахт.

- Установлены зависимости уровня профессионального риска перегревания работников, оцененного методом пробит-функций, от уровня ТНС-индекса и эффективной температуры в рабочих зонах горных выработок нефтяных шахт для категорий выполняемых работ по энергозатратам Ia, IIa, IIб.

Основные защищаемые положения.

1. Нагревающий микроклимат, действующий на работников в горных выработках нефтяных шахт, следует оценивать по ТНС-индексу или эффективной температуре в зависимости от значений скорости движения воздуха и наличия излучения от нагретых поверхностей в рабочих зонах.

2. Оценку профессиональных рисков, обусловленных нагревающим микроклиматом при проведении горных работ на нефтяных шахтах, следует осуществлять методом пробит-функций с учетом категории работ по энергозатратам.

3. Снижение значений профессионального риска, обусловленного нагревающим микроклиматом, следует определять на основе уменьшения уровня ТНС-индекса или эффективной температуры в рабочих зонах горных выработок нефтяных шахт.

Методы исследований. Работа выполнена с использованием комплексного метода исследований, включающего: анализ данных медико-биологических исследований влияния нагревающего микроклимата на работников-мужчин при различных категориях выполняемых работ по энергозатратам; компьютерную обработку данных методами математической статистики и регрессионного анализа; математическое моделирование уровня профессионального риска; экспериментальные исследования параметров нагревающего микроклимата.

Достоверность и обоснованность научных положений и результатов подтверждается значительным объемом изученной информации о воздействии нагревающего микроклимата на организм работников; обоснованным использованием методов теории вероятностей и математической статистики; применением специализированных компьютерных программ для математической обработки данных; применением современного поверенного оборудования, соответствующего обязательным метрологическим требованиям; хорошей сходимостью полученных результатов с данными экспериментальных исследований и гигиеническими нормами; апробацией полученных результатов в научных изданиях.

Практическая значимость.

- Разработан метод оценки профессиональных рисков, обусловленных нагревающим микроклиматом при ведении горных работ на нефтяных шахтах, позволяющий выполнять оценку уровня риска как непрерывной функции ТНС-индекса для категорий работ по энергозатратам Ia, IIa, IIб.

- Обоснован подход к снижению профессионального риска, обусловленного нагревающим микроклиматом; применение данного подхода службами охраны труда будет способствовать улучшению состояния условий и охраны труда на нефтяных шахтах.

Реализация результатов работы.

- Метод оценки профессиональных рисков, обусловленных нагревающим микроклиматом, может быть использован на нефтяных шахтах ООО «ЛУКОЙЛ-Коми».

- Результаты исследований, проводимых в рамках НИР «Разработка и обоснование исходных данных для переработки требований безопасности при разработке нефтяных месторождений шахтным способом», были использованы при разработке Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности при разработке нефтяных месторождений шахтным способом», утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 28.11.2016 г № 501.

- Результаты и выводы, содержащиеся в работе, могут использоваться в программах высшего профессионального и дополнительного профессионального образования, реализуемых ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет».

Апробация работы. Результаты исследований и основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на всероссийских и международных конференциях: II Международной научно-практической конференции «Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI веке» (Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», г. Санкт-Петербург, 2014 г.); IV Международной научно-практической конференции «Инновации на транспорте и в машиностроении» (Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, 2016 г.); III Международной научно-практической конференции «Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI веке» (Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, 2016 г.); II Ежегодной Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы социального, экономического и информационного развития современного общества» (Башкирский государственный университет. Институт управления и безопасности предпринимательства, г. Уфа, 2017 г.); I Международной научно-практической конференции «Теоретические и прикладные вопросы комплексной безопасности» (Петровская академия наук и искусств, г. Санкт-Петербург, 2018 г.); Всероссийской научно-практической конференция с международным участием «Совершенствование технологии горных работ и подготовка кадров для

обеспечения техносферной безопасности в условиях Северо-Востока России», (Северо-Восточный Федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск, 2018 г.). Результаты исследований также обсуждались на рабочих совещаниях ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» по вопросам нормализации температурного режима в горных выработках нефтешахт (2016, 2017 гг.), а также на рабочем совещании в НИИ Медицины труда РАМН (г. Москва, 2018 г.).

- Методический подход к оценке профессиональных рисков был реализован в рамках работы для XII Конкурса ПАО «ЛУКОЙЛ» на лучшую научно-техническую разработку молодых ученых и специалистов, удостоенной поощрительной премии (2015 г.), а также в заявке на изобретение № 2017133361 (05.06.2018 получено положительное решение о выдаче патента).

Личный вклад автора заключается в постановке цели и задач исследований; проведении анализа методов профессиональных рисков, применяемых в рамках современных систем управления охраной труда; проведении статистического анализа результатов медико-биологических исследований; определении области применения ТНС-индекса и эффективной температуры для оценки профессионального риска, обусловленного нагревающим микроклиматом; обосновании использования пробит-функции при оценке профессиональных рисков; выполнении экспериментальных исследований параметров нагревающего микроклимата; построении и апробации математических моделей оценки профессионального риска перегревания работников для категорий работ по энергозатратам Ia, IIa, IIb; обосновании подхода к снижению профессионального риска, обусловленного нагревающим микроклиматом.

Публикации. Основные результаты диссертационной работы содержатся в 12 печатных работах, в том числе 4 из них – в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, 1 – в издании, индексируемом международной базой данных SCOPUS, 1 – в издании, индексируемом международной базой данных Web of Science.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав и заключения, изложенных на 131 странице машинописного текста, содержит 20 рисунков, 30 таблиц, список литературы из 123 наименований.

ГЛАВА 1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ УСЛОВИЙ И ОХРАНЫ ТРУДА РАБОТНИКОВ НЕФТЯНЫХ ШАХТ

1.1 Особенности и перспективы добычи высоковязких нефтей подземным способом

В настоящее время нефть является одним из наиболее востребованных во всем мире сырьевых ресурсов, продукты переработки которых, используются в различных отраслях и сферах человеческой жизнедеятельности.

К числу основных продуктов, получаемых из нефти, относятся такие виды жидких топлив, как бензин, авиационный керосин, дизельное топливо и мазут, на долю которых приходится более 1/2 от общего объема продукции, во всем мире получаемой из данного вида сырья. Также из нефти производят битумы, смазки, масла, пластмассы, растворители и охлаждающие жидкости. Нефтепродукты широко используются в медицине для производства некоторых видов лекарственных препаратов, в косметологии, в производстве синтетических тканей, при изготовлении строительных и дорожных покрытий, синтетической резины, каучука, полимерных пленочных материалов, лакокрасочных покрытий, моющих средств, удобрений других изделий и материалов. Отходы нефтеперерабатывающего производства служат сырьем для получения кокса, применяемого в металлургической отрасли.

Увеличение численности населения и повышение уровня жизни будут сопровождаться дальнейшим ростом энергопотребления и необходимостью наращивания объемов нефтедобычи [1]. Согласно оценкам International Energy Agency и прогнозу ПАО «ЛУКОЙЛ» потребление нефти в мире к 2030 г. увеличится до 108,3 млн. барр./сут.

В связи с высокой интенсивностью отработки легких нефтей, их общемировые запасы неуклонно сокращаются. Для удовлетворения возрастающих объемов потребления нефти все актуальнее становится вопрос вовлечения в разработку месторождений трудноизвлекаемых высоковязких нефтей и природных битумов.

Мировые запасы данного вида сырьевых ресурсов, по разным оценкам, составляют от 750 до 900 млрд тонн, значительно превышая запасы легких нефтей [1].

По разведанным, в т.ч. неизвлекаемым, запасам тяжелой нефти Россия занимает третье место в мире после Канады (386 млрд. тонн) и Венесуэлы (335 млрд тонн). По разным источникам [2, 3, 4, 5], запасы тяжелых нефтей в РФ составляют от 7 до 13,4 млрд. тонн и более (до 29 % от общего объема российских запасов нефти [6]), а запасы природных битумов – свыше 33,4 млрд. тонн.

В целом, согласно данным World Energy Council, геологические запасы сверхвязкой нефти и природных битумов в России составляют порядка 55 млрд. тонн. В РФ к сверхвязким нефтям относят нефти, имеющие значение вязкости в пластовых условиях свыше 200 мПа·с. Они занимают промежуточное положение между тяжелыми высоковязкими нефтями и природными битумами [7]. В настоящее время до 23 % от общей добычи нефти в РФ приходится на долю сверхвязких нефтей [8].

На территории Российской Федерации главными регионами, где сосредоточены основные залежи тяжелых нефтей и природных битумов, являются республика Татарстан (33 %), Республика Коми (23 %), Ненецкий АО (15 %), Самарская (7 %) и Пермская (6 %) области, Республики Башкортостан (5 %) и Удмуртия (5 %), Ульяновская область (3 %) [6].

На территории Тимано-Печорской нефтегазовой провинции доля высоковязких нефтей, в основном залегающих в Ярегском и Усинском месторождении, составляет не менее 17 %. Остаточные запасы на данных месторождениях составляют около 1 млрд. тонн, а суммарный объем ежегодной добычи нефти – свыше 3 млн. т/год. В целом, запасы высоковязких нефтей в республике Коми составляют около 50 % от всех разведанных запасов нефти.

В зависимости от расположения и условий формирования месторождений вязкость тяжелой нефти варьируется в пределах от 20 до 9000-10000 мПа·с, но в большинстве случаев составляет порядка 1000 мПа·с. Пласты-коллекторы отличаются крайне неоднородными фильтрационными и емкостными свойствами:

значение пористости изменяется от 20 до 40 %, проницаемость варьируется в диапазоне от сотой части мкм до нескольких мкм. До 95 % балансовых запасов тяжелых нефтей сосредоточено на глубинах, не превышающих 1,5 км. Основная часть ресурсов залегает на глубине от 1,0 до 1,5 км [12].

Указанные выше особенности тяжелых нефтей и природных битумов, а именно: высокая плотность, вязкость, повышенная концентрация сернистых соединений, металлов, смол, асфальтенов и др. - определяют специфику технологии добычи, подготовки, транспортировки и переработки данного вида сырья [6].

Технологии добычи легких нефтей не применимы для разработки месторождений высоковязких нефтей, что подтверждается низкими показателями нефтеотдачи и потерей попутных ценных компонентов. За последние 30 лет в России значение среднего проектного коэффициента извлечения нефти (КИН) снизилось с 40–41 % до 33–34 %, что объясняется как раз увеличением доли трудноизвлекаемых запасов в общей структуре запасов нефти [7].

Выбор той или иной технологии нефтедобычи зависит от объемов запасов углеводородного сырья, от географического расположения месторождения, от наличия инфраструктуры, от особенностей геологического строения и условий залегания пластов, от физико-химических свойств флюида, содержащегося в пласте, от прочих факторов. Тем не менее, на сегодняшний день добыча тяжелых нефтей и битумов в мире в основном ведется открытым (карьерным) и подземным (с осуществлением теплового воздействия на пласт) способами.

Первый способ предполагает открытую разработку нефте- и битумонасыщенной породы с последующим получением из нее синтетических углеводородов. Применение данной технологии целесообразно, если глубина залегания пластов не превышает 75 м. В этом случае капитальные и эксплуатационные расходы будут незначительными, а показатель извлечения нефти после переработки добытой нефтесодержащей горной массы на специализированных установках достигает 65-85 % [13].

Данный способ широко использован в Канаде для извлечения природных битумов, объемы добычи которых, составляют более 43 % от мировой добычи нетрадиционной нефти. По предварительным подсчетам, в Канаде возможна отработка карьерным способом до 40 % запасов природных битумов. К числу основных разрабатываемых месторождений относятся Atabaska, Gold Lake и Peace River.

Для большинства канадских месторождений весьма перспективным методом разработки является метод SAGD, сущность которого была описана выше. На фоне снижения объемов добываемой традиционной нефти, в Канаде к 2035 г. планируется увеличить существующие объемы добычи битуминозных песков более чем в 2,5 раза.

В Венесуэле, являющейся одним из мировых лидеров в области добычи нетрадиционных углеводородов, основная ресурсная база сверхтяжелой нефти сосредоточена в районах, относящихся к поясу Ориноко. Здесь ежегодная добыча нетрадиционной нефти достигает 30 млн. тонн и более, что составляет 16 % от мировой добычи этого вида сырья. В данной сфере в основном применяют технологии CSS и SAGD и используют вертикальные и многозабойные горизонтальные скважины. Существующие в Венесуэле объемы производства сверхтяжелой нефти тоже планируется увеличить к 2035 г., но в 3,5 раза.

В России (в частности на Ярегском и Ашальчинском месторождениях) для извлечения из недр земли тяжелых высоковязких нефтей применяют технологии, которые по сути аналогичны SAGD. Во всем мире тепловые методы являются наиболее эффективными при разработке месторождений как традиционных легких, так и сверхтяжелых нефтей. Около 65 % всего объема мировой добычи нефти (порядка 80 млн. т) извлекается с использованием тепловых методов, к достоинствам которых относятся:

- применимость для добычи нефтей, значительно отличающихся по вязкости (от 20 до 50000 мПа·с);
- применимость для нефтей, залегающих в крайне неоднородных трещиноватых коллекторах, в т.ч. для легких нефтей;

– высокий коэффициент извлечения нефти (КИН).

В настоящее время Республика Коми является единственным в стране районом, где уже не одно десятилетие для эффективной добычи высоковязкой нефти в широком промышленном масштабе применяются тепловые методы. Добыча нефти на Ярегском месторождении ведется на глубине 165-200 м уникальным термошахтным методом, позволяющим достичь наиболее высоких показателей нефтеотдачи (КИН в среднем равен 55-60 %). На Усинском месторождении была впервые применена технология закачки пара, имеющего температуру свыше 300°C, на глубину до 1400 м.

Шахтный (подземный) метод добычи нефти может предусматривать очистную, дренажную или комбинированную систему разработки. В первом случае производится отделение нефтенасыщенной породы от пласта посредством проведения буровзрывных работ (как правило), ее погрузка на внутришахтный транспорт, транспортировка до шахтного ствола и выдача на поверхность, где осуществляется последующая переработка добытой горной массы с выделением нефтяных фракций. При такой системе разработки КИН может достигать до 45-85 %. Очистной шахтный способ применяется в основном при ведении работ на глубинах, не превышающих 200 метров, если, помимо нефти извлекаются попутные ценные компоненты (в частности, редкие металлы) [14].

При дренажной системе разработки месторождений (шахтно-скважинный способ) из горных выработок скважины бурят в пласт-коллектор. При этом нефть может быть извлечена под действием естественной энергии пласта (так называемая, природношахтная система разработки) или посредством воздействия на пласт теплоносителем - паром, горячим газом (воздухом) или горячей водой и т.п.. Это термошахтная разработка. Без закачки теплоносителя в пласт данный способ применяется, как правило, на глубинах до 400 м, с нагнетанием теплоносителя – в основном до 800 м и более [9, 11].

Несмотря на многочисленные попытки применения шахтного способа добычи нефти в России, на территории нашей страны первой нефтяной шахтой для разработки залежей в промышленных масштабах считается шахта, открытая в

1939 г. на Ярегском нефтяном месторождении в Республике Коми. В период с 1939 г. по 1949 г. здесь было построено всего три шахты, которые функционируют и по настоящее время. Термошахтный способ здесь применяется с 1960 г. В настоящее время используют одногоризонтную и подземно-поверхностную системы термошахтной разработки.

В первом случае (рисунок 1.1) ниже пласта или в его подошве проходят буровую галерею, в которой размещают как нагнетательные, так и добывающие скважины. Преимуществами одногоризонтной системы являются относительно невысокие объемы проведения горных выработок, в зависимости от типа галереи составляющие 57-92 м/га, и относительно быстрая подготовка блока к эксплуатации (1,5-2 года). Основным недостаток данной системы – неравномерность прогрева пласта.

При подземно-поверхностной системе подачу пара осуществляют посредством скважин, пробуренных с поверхности (рисунок 1.2). Применение данной системы позволяет обеспечить высокие темпы закачки пара и прогрева пласта, но бурение поверхностных скважин не всегда возможно из-за близкого расположения производственных объектов, природоохранных зон, населенных пунктов и т.п. [15, 16].

В целом, термошахтной технологией добычи нефти предусматривается подача пара в пласт через сеть нагнетательных скважин. Разжиженная нефть стекает в канавки горных выработок, вместе с водой попадает в подземную ловушку, оттуда – в нефтесборник и на поверхность [17].

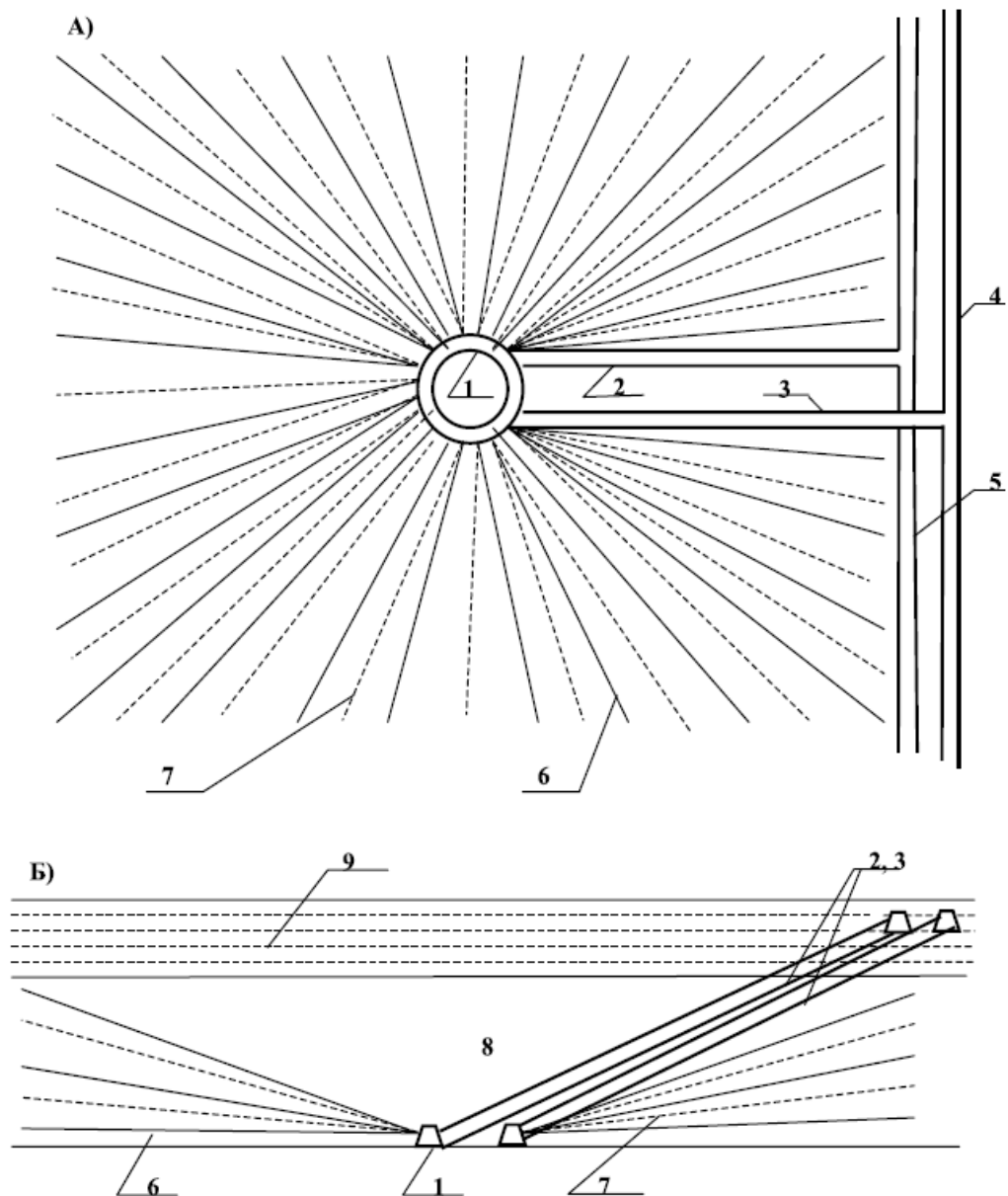


Рисунок 1.1 – Принципиальная схема одногоризонтной системы:

А) план; Б) разрез

1 – галерея; 2, 3 – ходок, уклон к галерее с верхних выработок; 4, 5 – вентиляционный и откаточный штреки; 6, 7 – добывающая и нагнетательная скважины с галереи; 8 – нефтяной пласт; 9 – надпластовые породы (туффит).

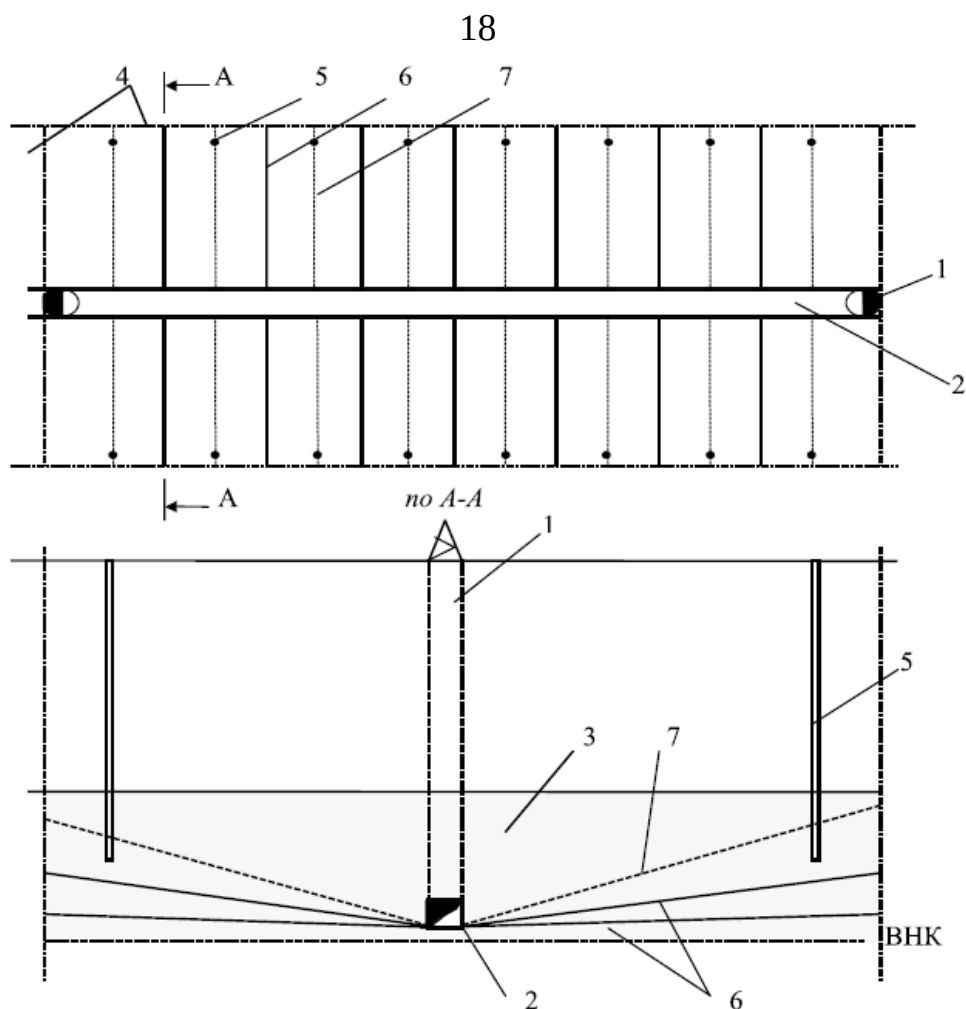


Рисунок 1.2 – Принципиальная схема подземно-поверхностной системы:
 1 – шахтный ствол; 2 – галерея; 3 – нефтяной пласт; 4 – граница участка;
 5 – поверхностная нагнетательная скважина; 6 – подземная нагнетательная скважина; 7 – подземная парораспределительная скважина.

Опыт разработки Ярегского месторождения высоковязкой нефти показывает высокую эффективность применения технологии термошахтной добычи нефти [18]. Его показатель нефтеизвлечения, равный 60-70 %, значительно превосходит показатели, достигнутые при природношахтной разработке (4 %) и разработке поверхностными скважинами (2 %). По отдельным шахтным блокам (например, по блоку «1-бис» и «Южный») достигнуты максимальные значения нефтеотдачи, равные 79,1 % и 77,3 % соответственно [6].

Кроме того, при термошахтной добыче нефти потери теплоносителя минимальны, а извлечение нефти из пласта – максимально. Разработку

месторождения можно осуществлять вне зависимости от погодных условий и обводненности территорий на поверхности. К недостаткам данного способа можно отнести необходимость пребывания людей в шахте и возможное проявление сопутствующих опасностей, обусловленных, в том числе, нагревающим микроклиматом в горных выработках.

В настоящее время применение шахтного способа разработки представляется перспективным для ряда месторождений высоковязких нефтей и природных битумов, расположенных как на территории нашей страны (Республика Татарстан, Грозненская область, Краснодарский край и др.), так и в странах ближнего зарубежья (Казахстан, Узбекистан, Азербайджан) и в странах дальнего зарубежья (Венесуэла, Канада, США, Кувейт и др.) [19].

Перспективы развития добычи высоковязких тяжелых нефтей и битумов, которые представляют собой ценный вид сырья для получения нефтехимических продуктов широкой номенклатуры, очевидны в условиях истощения запасов и снижения объемов добычи традиционных легкоизвлекаемых ресурсов. В России запасы легкой нефти отработаны более чем на 50 %, в связи с чем в настоящее время уделяется огромное внимание модернизации существующих технологических и разработке новых технических решений для добычи, транспортировки и переработки нетрадиционного углеводородного сырья. В развитии данного направления, в соответствии с разработанной «Энергетической стратегией России на период до 2020 года», предусмотрено вложение инвестиций в объеме 23-25 млрд. долларов в год.

В группе компаний «Татнефть», в России занимающей лидирующие позиции по переработке битумов, разработаны и приняты программы реализации новых технологий переработки тяжелой нефти. Так, в 2011 г. в Нижнекамске был введен в эксплуатацию крупнейший за 30 лет на территории нашей страны комплекс нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов (НП и НХЗ). Предприятие АО «ТАНЕКО» «Татнефти» является объектом стратегического назначения и играет важнейшую роль в экономике Татарстана. Изначально оно рассчитывалось на переработку 7 млн. тонн нефти в год. На сегодняшний день

глубина переработки нефти составляет 99,2 %, выход светлых нефтепродуктов – 84 %, что позволяет выпускать до 20 видов наиболее востребованных продуктов высокого качества: дизельное топливо и топливо для реактивных двигателей, базовые масла, нефтяной кокс и др. Запланированный в 2018 году пуск ряда установок гидроочистки и ЭЛОУ-АВТ-6 позволит увеличить выход светлых нефтепродуктов до 90 % и обеспечить рост производной мощности комплекса по переработке нефти до 14 млн. тонн в год [6, 20].

В ведущих компаниях страны (ПАО «ЛУКОЙЛ», ПАО «ГАЗПРОМ») предусмотрены также программы модернизации существующих НПЗ и строительство новых производств по переработке остатков тяжелых нефтей [8].

На Ярегском месторождении, относящемся к ПАО «ЛУКОЙЛ», в 2017 г. был добыт 1 млн. тонн нефти, и в 2018 г. планируется увеличение объемов до 20 %. Для достижения указанного показателя планируется увеличить на 40 % объемы бурения горизонтальных скважин и на 50 % – объем закачки пара в нефтеносные пласты [21]. При оценке и прогнозировании технологических показателей нефтедобычи в последнее время активно используются методы численного моделирования [22].

В перспективе ПАО «ЛУКОЙЛ» планирует постепенное доведение объемов ежегодной добычи нефти на Ярегском месторождении до 5 млн. тонн. В настоящее время его запасы составляют порядка 131,8 млн. тонн. Следовательно, вопрос подземной нефтедобычи будет актуален здесь еще не одно десятилетие [23].

Для повышения интереса к разработке месторождений высоковязких тяжелых нефтей и битумов и для увеличения эффективности их использования поэтапно осуществляется разработка и принятие нормативных правовых документов, устанавливающих льготы для организаций, занимающихся как добычей, так и переработкой данного вида ресурсов.

Приоритетной задачей Правительства РФ в области развития сферы добычи трудноизвлекаемых запасов нефти является осуществление деятельности, направленной на:

- стимулирование освоения обсуждаемых месторождений;
- интенсификацию геологоразведочных работ;
- повышение эффективности существующих технологий добычи и внедрение новых научных разработок;
- расширение производственных мощностей и номенклатуры получаемых нефтепродуктов;
- разработку и применение высокоэффективных технологий извлечения ценных попутных компонентов на этапе добычи и переработки тяжелых нефтей и природных битумов [7].

Несмотря на всю сложность и высокую себестоимость процесса добычи и переработки высоковязких нефтей и битумов, во всем мире будет неуклонно расти необходимость совершенствования существующих технологий и разработки рациональных технологических решений, повышающих экономическую привлекательность данного вида сырья и деятельности по его добыче; увеличение интереса к данным ресурсам и перспективность разработки такого рода месторождений в условиях истощения традиционных ресурсов легкой нефти и при возможности получения продуктов с высокой добавленной стоимостью.

1.2 Анализ состояния условий и охраны труда на нефтяных шахтах

Нефтяные шахты относятся к опасным производственным объектам I класса опасности. В целом на предприятиях нефтедобычи ПАО «ЛУКОЙЛ», в состав которого входят и нефтешахты Ярегского месторождения ООО «ЛУКОЙЛ-Коми», произошло 12 аварий в 2014 г., 11 аварий в 2015 г. и 2 аварии в 2016 г. Отмечается неравномерная динамика производственного травматизма (таблица 1.1) [23].

Таблица 1.1. – Динамика производственного травматизма за 2014-2016 гг. на предприятиях ПАО «ЛУКОЙЛ»

№ п.п.	Наименование параметра	2014 г.	2015 г.	2016 г.
1	Количество несчастных случаев	11	24	18
2	Количество пострадавших в несчастных случаях, чел.	21	30	27
3	Количество случаев с летальным исходом, чел.	3	4	2
4	Коэффициент частоты несчастных случаев	0,13	0,28	0,21

В 2016 году произошло 18 несчастных случаев, в которых пострадало 27 человек и погибло 2 человека. В 2015 г. в ПАО «ЛУКОЙЛ» зафиксированы 4 несчастных случая с летальным исходом, 2 из которых произошли на одной из нефтяных шахт Ярегского месторождения. Главной причиной гибели 2 работников на нефтяной шахте работников явилось чрезмерное воздействие теплового фактора [24, 25].

На предприятиях ПАО «ЛУКОЙЛ», в частности на нефтяных шахтах, для снижения аварийности, числа несчастных случаев, показателей производственного травматизма и количества профзаболеваний, поэтапно в соответствии с «Программой промышленной безопасности, улучшения условий и охраны труда, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций организаций Группы «ЛУКОЙЛ» на 2017-2019 годы» реализуются мероприятия, направленные на минимизацию профессиональных рисков и рисков аварий, на повышение качества подготовки работников, в том числе к нештатным ситуациям. Систематически принимаются меры по улучшению условий труда работников. Так, по итогам 2016 г. удалось снизить класс условий труда почти 3 000 работников и полностью исключить рабочие места, относящиеся к классу 4 и 3.4 [26].

Согласно проведенной в 2017 году специальной оценке условий труда (СОУТ) на рабочих местах горнорабочих 2 и 3 разряда геологической службы были зафиксированы вредные условия труда, соответствующие классу 3.3., что было обусловлено, прежде всего, совокупным воздействием ряда вредных факторов (химического фактора, шума, АПФД, микроклимата), уровень которых в несколько раз превышал предельно допустимые значения, а также высокой тяжестью трудового процесса. Наиболее неблагоприятные условия труда по параметрам микроклимата (класс 3.3) зафиксированы также на рабочих местах горнорабочих 2 и 3 разряда геологической службы.

В работе [27] приводятся данные расчета профессиональных рисков для подземного персонала нефтешахт, отрабатывающих Ярегское месторождение. Оценка профзаболеваний показывает высокий риск получения профзаболевания для группы подземных работников Ярегских нефтешахт. Особенно высокий риск отмечался для работников участков проходки горных выработок и добычи нефти. Для них наблюдался высокий уровень риска по трем параметрам: повышенный уровень шума, вибрации, физические перегрузки.

В целом, по результатам анализа профзаболеваемости для подземного персонала Ярегских нефтешахт за 17 лет, к группе риска получения профессиональной патологии были отнесены работники, которые задействованы на участке проходки и расширения горных выработок.

При шахтном способе добыче нефти в целом, наиболее часто выявляемыми диагнозами профессиональных заболеваний являются: вибрационная болезнь, хроническая пояснично-крестцовая радикулопатия, хроническая нейросенсорная тугоухость [21]. Авторы работы [21] справедливо отмечают необходимость разработки процедур более полного учета влияния на здоровье работающих профессиональных заболеваний.

По данным исследований 2015 г., несмотря на допустимые по параметрам микроклимата условия труда, итоговый класс условий труда 3.3 был установлен и для рабочих мест проходчиков 4-5 разряда участка проходки и расширения горных выработок. Такому же итоговому классу соответствует рабочее место

крепильщика 4 разряда участка ремонтно-восстановительных работ и внутришахтного транспорта. Однако, следует принимать во внимание, что рабочие зоны крепильщиков, слесарей по обслуживанию и ремонту могут находиться в горных выработках с превышением допустимых параметров нагревающего микроклимата. Кроме вышеуказанных рабочих мест к числу неблагоприятных как по воздействию вредных факторов (итоговый класс условий труда – 3.3), так и по параметрам микроклимата (класс 3.1, 3.2 и 3.3) относятся рабочие места горных мастеров.

Для ряда рабочих мест в результате проведенной оценки условий труда в 2014 г. на нефтешахтах НШУ «Яреганефть», в буровой галерее (уклон 4Т-4, уклон 3Т-1 и др.) было измерено значение ТНС-индекса, составившее 28,6-28,9 °С. В районе верхней приемной площадки и в насосной камере также отмечено превышение фактического ТНС-индекса (28,2-28,5 °С) над нормативным значением. Класс условий труда по параметрам микроклимата для категории работ по энергозатратам Пб составил 3.4. По результатам СОУТ, с целью снижения времени воздействия на работников нагревающего микроклимата было рекомендовано организовать рациональный режим труда и отдыха [26].

Основной причиной значительного количества рабочих мест, по параметрам микроклимата не соответствующих оптимальным или допустимым условиям, является высокая температура воздуха в ряде горных выработок рассматриваемых нефтешахт [27-30]. Так, например, по результатам термовлажностной съемки, проведенной на нефтешахте №3 в 2011 г. специалистами Горного института Уральского отделения РАН, было установлено, что фактические температуры воздуха в добычных уклонных блоках 4Т-2, 2Т-1, 1Т-1 и во всех буровых галереях шахты превышают значения, регламентированные Федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности «Правила безопасности при разработке нефтяных месторождений шахтным способом [31], а также Правилами безопасности в предыдущей редакции (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Результаты замеров температуры воздуха в уклонных блоках нефтешахты №3 НШУ «Яреганефть»

Уклонный блок	Температура воздуха на входе в уклонный блок, t °С	Температура воздуха в буровой галерее, t °С
Уклон 4Т-4	31	50
Уклон 4Т-2	24	54
Уклон 3Т-1	20	37,5
Уклон 2Т-1	33	49

В соответствии с [31] температура воздуха на постоянных рабочих местах в действующих горных выработках должна быть не более 26 °С при относительной влажности, находящейся в пределах до 90 %, и не более 25 °С, если относительная влажность превышает 90 %. В местах, где работники находятся в течение рабочей смены непостоянно и где, например, осуществляется подача теплоносителя в пласт, отбор или транспортировка «горячей» нефти, разрешена температура воздуха до 36 °С включительно.

В 2016 г. в рамках проводимой представителями ВГСО Печорского бассейна депрессионной съемки на нефтешахте № 3 было отмечено превышение допустимых температур в добычных и подготовительных выработках (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Результаты термовлажностной съемки на нефтешахте № 3 НШУ «Яреганефть» в 2016 г.

Уклонный блок / Выработка	№ ветви	Температура воздуха, t °С
Участки нефтедобычи (Допустимая температура до 36 °С)		
ВПП уклона 1Т-1	72	37,0
Уклон 2Т-1	446	39,7
Уклон 4Т-2	171	38,5
Уклон 4Т-4	382	37,5
Действующие выработки (Допустимая температура до 26 °С)		

Продолжение таблицы 1.3

ЗПШ – 2 эт. «бис»	131	42,5
301 п.ш.	143	33,2
ЗПДШ – 1 эт.	37	37,7
414 п.ш.	452	35,7
403 п.ш. (н)	396	35,0
Сбойка №6	179	35,7
Рассечка 23	213	35,0
Диагональный штрэк	194	34,2
405 п.ш. (н)	454	32,8
ВВП – 4 эт. (бис)	436	32,5

Следует отметить, что вопросам оценки рисков, связанных с тепловым воздействием в последнее время уделяется повышенное внимание. Так, по данным ООО «ЛУКОЙЛ-Коми», повышенная температура окружающего воздуха в горных выработках и попадание людей под прорыв горячего водяного пара и жидкостей входят в реестр опасных и вредных факторов, имеющих значительный профессиональный риск [26]. Работа в таких условиях может привести к обезвоживанию организма, тепловому удару, ожогам различной степени тяжести и др. В работах [27-30] были проанализированы источники тепловыделений. Так, одним из основных этапов термошахтной разработки нефтяных месторождений, сопровождающихся повышением тепловыделения в горные выработки, является закачка пара в нефтесодержащий пласт. При данной операции до температуры 70-80°C разогревается пласт-коллектор, и значительно повышается температура воздуха в полевых штрэках и галереях с наклонными выработками. Основными источниками тепловыделений являются: разогретый продуктивный пласт, породный массив надпластового горизонта, обсадные колонны нагревательных скважин, паропроводы, трубопроводы и насосные агрегаты. Значительное количество тепла поступает в атмосферу выработок через трещины в горном

массиве и негерметичные участки нагнетательной системы от разогретых в пласте флюидов, пара и конденсата.

Формирование зон высоких температур в штреках происходит за счет переноса теплоты исходящей струей из буровых галерей, в которых интенсивность тепловыделений составляет более 2500 тыс. кДж/час, а также за счет тепловыделений от транспортируемой нефтесодержащей жидкости, температура которой достигает 49 - 50 °С. Количество теплоты, выделяемого на 1 погонный метр выработки за час, в штреках составляет 1200-4000 кДж и зависит от величины давления и темпов нагнетания пара, числа его прорывов, интенсивности теплообмена массива с воздухом, от объема и термодинамических параметров поступающего воздуха.

К числу дополнительных факторов, оказывающих незначительное по сравнению с вышеуказанными факторами влияние на тепловой режим горных выработок, следует отнести: температуру и влажность поступающего в шахту воздуха; гидростатическое его сжатие при опускании по параллельным и наклонным выработкам, приводящее к росту температуры на 1°С с увеличением глубины на каждые 100 м; теплофизические свойства горных пород, определяющих процессы теплообмена с массива воздухом, тепловыделения от работающих техники и работников; окислительные процессы, протекающие в горных породах и т.п. [32-36].

В 2015-2016 гг. был разработан и частично реализован комплекс мероприятий по нормализации температурного режима в действующих горных выработках нефтешахт. К числу основных мероприятий относятся проведение депрессионных съемок для улучшения проветривания, монтаж туманообразователей в буровых галереях уклонов, расширение сечения некоторых горных выработок, изоляция трубопроводов с температурой поверхности свыше +40 °С, строительство воздухоподающих скважин диаметром 375 мм, предполагаемое введение в эксплуатацию на некоторых участках установок кондиционирования, восстановление дренажных канав и настилка трапов и др. Реализация данных решений, как планируется, позволит снизить

тепловыделения и температуру воздуха в выработках от 1-2 °С до 8-10 °С, что в ряде случаев является недостаточным.

Таким образом, на сегодняшний день вопрос нормализации условий труда по параметрам микроклимата на нефтяных шахтах остается не до конца решенным. В связи с этим необходимо более подробно рассмотреть вопрос влияния повышенных температур на работников, ведущих горные работы, проанализировать имеющиеся подходы и методы оценки профессиональных рисков, оценить вероятность перегрева и возможные последствия для здоровья человека от воздействия нагревающего микроклимата.

1.3 Обзор научных исследований влияния параметров нагревающего микроклимата на работников

В соответствии с нормативными документами [37-42] необходимо стремиться к поддержанию таких параметров микроклимата на рабочих местах, которые сохраняют тепловой баланс человека с окружающей средой и постоянно поддерживают оптимальное или допустимое тепловое состояние организма.

Когда температурные условия превышают допустимые значения, то речь идет о нагревающем микроклимате. Под нагревающим микроклиматом понимается такое сочетание характеризующих его параметров (температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также интенсивности теплового облучения), при котором нарушается теплообмен человека с окружающей средой. Основными формами проявления этих нарушений являются накопление в организме избыточного тепла (более 0,87 кДж на единицу массы тела) с одновременным возрастанием его потерь посредством испарения (свыше 30 %), появление общих либо локальных неприятных теплоощущений.

Для учета сочетанного действия на организм человека температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового облучения, в российской практике применяется интегральный показатель тепловой нагрузки среды (ТНС-индекс) [38]:

$$TNC = 0,7t_{\text{вл}} + 0,3t_{\text{ин}}, \text{ } ^\circ\text{C} \text{ ,} \quad (1.1)$$

где $t_{вл.}$ – измеренная температура по «влажному» термометру, °C; $t_{ш.}$ – температура внутри черного шара (сфера Вернона), °C.

Данный показатель не должен превышать значений, приведенных в таблице 1.4 [38-42].

Таблица 1.4 – Допустимые величины ТНС-индекса

Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Величины ТНС-индекса, °C
Ia (до 139)	22,2 - 26,4
Iб (140 - 174)	21,5 - 25,8
IIa (175 - 232)	20,5 - 25,1
IIб (233 - 290)	19,5 - 23,9
III (более 290)	18,0 - 21,8

Если хотя бы один из параметров нагревающего микроклимата (температура воздуха, влажность или скорость движения воздуха) не соответствует допустимому значению, то определение класса (подкласса) условий труда производится по ТНС-индексу (таблица 1.5) [41].

Таблица 1.5 – Определение класса условий труда для рабочих помещений с нагревающим микроклиматом в зависимости от величины ТНС-индекса (°C)

Категория работ	Класс (подкласс) условий труда					
	допусти мый	вредный				опасный
	2	3				4
		3.1	3.2	3.3	3.4	
Ia	< 26,5	26,5 - 26,6	26,7 - 27,4	27,5 - 28,6	28,7 - 31,0	> 31,0
Iб	< 25,9	25,9 - 26,1	26,2 - 26,9	27,0 - 27,9	28,0 - 30,3	> 30,3
IIa	< 25,2	25,2 - 25,5	25,6 - 26,2	26,3 - 27,3	27,4 - 29,9	> 29,9
IIб	< 24,0	24,0 - 24,2	24,3 - 25,0	25,1 - 26,4	26,5 - 29,1	> 29,1
III	< 21,9	21,9 - 22,0	22,1 - 23,4	23,5 - 25,7	29,2 - 27,9	> 27,9

Работа в условиях повышенной тепловой нагрузки рабочей среды приводит к формированию неблагоприятного теплового состояния организма человека, которое может привести к развитию патологий. Тепловое состояние человека – это функциональное состояние, определяемое количеством и соотношением тепла в глубоких («ядро») и поверхностных («оболочка») тканях организма, а также степенью напряжения механизмов терморегуляции. Тепловое состояние следует рассматривать как интегральный показатель реакции организма, который находится в тесной взаимосвязи с другими системами и показателями здоровья. (Например, в поддержании температурного равновесия организма задействована сердечно-сосудистая система, обеспечивающая изменение частоты сердечных сокращений). При этом на формирование соответствующего теплового состояния оказывают влияние не только сами параметры микроклимата, но и длительность воздействия тепловой нагрузки, физическая активность человека, свойства спецодежды.

Функциональные системы организма, отвечающие за температурный гомеостаз, в условиях нагревающего микроклимата начинают работать в усиленном режиме. В результате возникающего перенапряжения ухудшается самочувствие человека, снижается его работоспособность и производительность труда. Дальнейшее тепловое воздействие может привести к летальному исходу в результате теплового удара [43-48]. Отрицательное воздействие высоких температур проявляется также в нарушении процессов регуляции нейроэндокринной системы, в возникновении гипоксических явлений в тканях, в изменении скорости метаболизма, в угнетении сопротивляемости организма, в серьезных изменениях кардиореспираторной системы и т.п. [49-51]. Влияние параметров нагревающего микроклимата на здоровье работников латентно увеличивает риск смерти от болезней сердечно-сосудистой системы [52].

В основе принципа гигиенического нормирования параметров микроклимата лежит обеспечение оптимального теплового состояния человека за счет минимизации напряжения организма [44, 53].

Превышение времени пребывания человека в неблагоприятных тепловых условиях приводит к развитию хронического производственного стресса, или состояния хронического перегрева, отрицательно влияющего на различные системы организма. Например, трудовая деятельность при высокой тепловой нагрузке среды (класс 3.3 и 3.4) с превышением нормируемого времени пребывания на 1-3 часа уже после нескольких месяцев, а в некоторых случаях - и нескольких недель работы, приводила к тепловому истощению организма, к появлению головных болей и болей в животе, к нарушению сна, к раздражительности, тахикардии, сыпи на различных участках тела и тошноте. После одного года работы в таких условиях у наблюдаемых лиц отмечалась вегетососудистая дистония, гипертензия, заболевания органов пищеварения и др. У работников в возрасте от 20 до 29 лет с трудовым стажем 5-9 лет в большинстве случаев отмечалось изменение ЭКГ, в возрасте 30-39 лет – метаболические изменения в миокарде, у одной трети работников – одновременное изменение ЭКГ и повышенное артериальное давление. В целом длительное воздействие высоких температур приводит к сердечно-сосудистой патологии и увеличению риска смерти [44]. Вероятность смерти от различных заболеваний сердечно-сосудистой системы, в первую очередь реагирующей на изменение температурного гомеостаза, тем выше, чем больше уровень термического стресса, определяемый кратностью превышения фактического значения ТНС-индекса над оптимальным. Наибольший относительный риск смерти от указанных в таблице болезней отмечается у лиц со стажем до 10 лет, работающих в наиболее вредных условиях нагревающего микроклимата (класс 3.4) [44, 47]. Среди категории работников с трудовым стажем от 10 до 20 лет отмечается снижение показателя смертности от заболеваний, обусловленных агрессивным тепловым воздействием. Это может быть объяснено тем, что у работников активируются дополнительные адаптационные физиологические механизмы или персонал переходит на рабочие места с менее вредными тепловыми условиями. Повышение риска смерти при стаже работы в условиях нагревающего микроклимата свыше 20 лет обусловлено

полным исчерпанием адаптационных и мобилизационных ресурсов человеческого организма.

При выполнении работ в условиях труда классов 3.3 и 3.4 по параметрам микроклимата существует риск теплового удара, который не является смертельным. Он составляет 0,333 и 0,500 на 1000 работников соответственно. Однако, для условий, определяемых классом 3.4, отмечается вероятность смертельного теплового удара, равная 0,233. С увеличением значения ТНС-индекса и с его превышением над оптимальным в 9-11 раз риск несмертельного теплового удара возрастает с 0,733 до 1,766, смертельного – с 0,300 до 0,830 [54].

Таким образом, исходя из проанализированных данных следует, что термическая нагрузка среды при ведении трудовой деятельности оказывает крайне отрицательное воздействие на организм человека. Это воздействие зависит от превышения фактических значений параметров нагревающего микроклимата над нормативными значениями и проявляется в виде напряжения функционального состояния работника, сопровождаемого снижением работоспособности и производительности труда, возникновением хронического или острого производственного стресса, нарушением работы сердечно-сосудистой и иных систем с высокой вероятностью летального исхода.

С целью предотвращения перегревания работников и снижения негативного воздействия на них тепловой среды по возможности должны быть усовершенствованы либо автоматизированы технологические процессы; должны применяться средства индивидуальной защиты от теплового облучения; должна быть регламентирована продолжительность работы в нагревающей среде и отдыха в помещении с комфортным микроклиматом; должно быть сокращено время рабочей смены; должен быть организован питьевой режим, направленный на возмещение потерянной человеком воды и минеральных веществ (калий, кальций, магний и др.). Для выполнения работ в условиях нагревающего микроклимата также должен проводиться отбор персонала с высокой теплоустойчивостью, применяться принцип защиты временем и т.д.

В связи с этим актуален вопрос разработки и применения новых подходов к оценке и профилактике профессиональных рисков, обусловленных нагревающим микроклиматом, при ведении горных работ в нефтяных шахтах.

1.4 Анализ существующих методов оценки профессиональных рисков, обусловленных нагревающим микроклиматом

Для минимизации воздействия на работников опасных и вредных производственных факторов применяются методы оценки и управления профессиональными рисками [55, 56] .

В трудовом праве под профессиональным риском понимается вероятность вреда здоровью работника в результате воздействия на него вредных и/или опасных производственных факторов в процессе выполнения обязанностей, предусмотренных трудовым договором, а также в иных случаях, регламентированных Трудовым Кодексом РФ или другими федеральными законами [42].

В настоящее время с целью повышения эффективности управления профессиональными рисками выделяют следующие их разновидности:

- риск получения травм, или риск травматизма;
- риск развития профессиональных или профессионально обусловленных заболеваний;

В федеральном законе от 24 июля 1998 г. № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» дается определение профессионального риска как вероятности повреждения (утраты) здоровья или вероятности смерти застрахованного, связанной с исполнением им обязанностей по трудовому договору (контракту) и в иных установленных данным законом случаях.

Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) профессиональный риск рассматривается как математическая концепция, которая отражает частоту и тяжесть неблагоприятных реакций организма человека, вызванных воздействием

вредных производственных факторов. При этом не учитывается возможный риск получения травм в результате несчастных случаев.

Основной задачей оценки профессионального риска с позиции современных систем управления охраной труда, основанных на ГОСТ 12.0.230-2007 «ССБТ. Системы управления охраной труда. Общие требования», ГОСТ Р 54934-2012/OHSAS 18001:2007 Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования», является идентификация опасностей (факторов риска) производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, принятие решений и мер по его устранению либо снижению. При этом, рассматривая риск получения травмы, акцент делается и на степени тяжести производственной травмы. Достижение безопасных условий труда неразрывно связано с проведением мероприятий не только по идентификации опасностей и оценке рисков, но и управлению рисками. Данный процесс может быть схематично изображен в виде блок-схемы, представленной на рисунке 1.3 [57, 58].

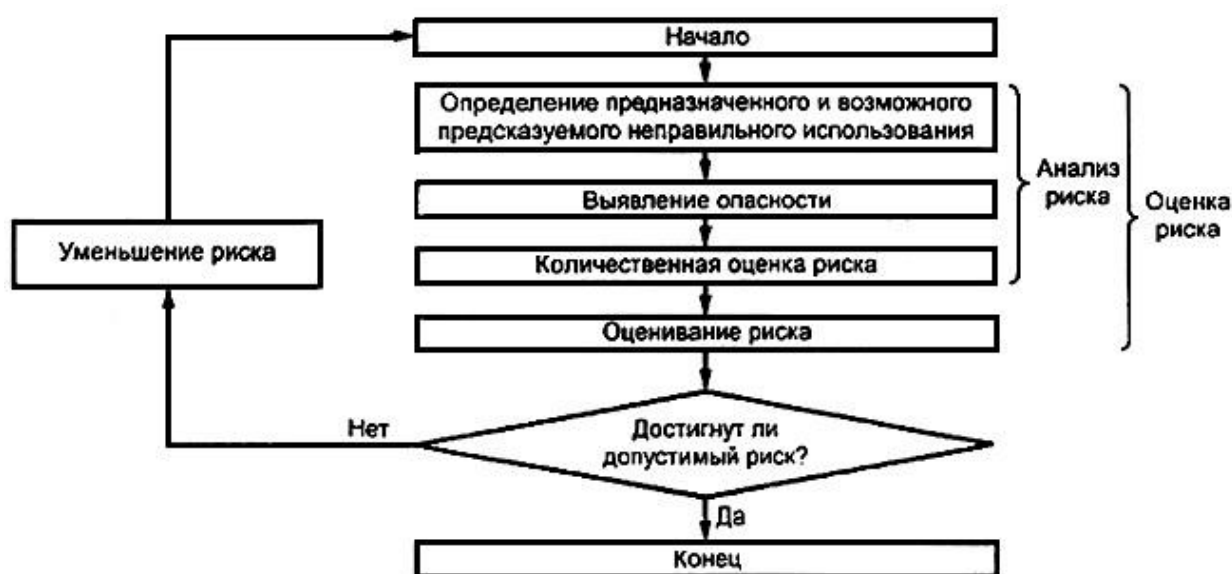


Рисунок 1.3 – Принципиальная схема оценки и управления рисками

Наиболее применяемые на практике методы оценки рисков содержатся в стандарте ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. «Менеджмент риска. Методы оценки риска», который содержит описание методов и рекомендации по выбору и применению этих методов. В области менеджмента риска данный документ

является основополагающим для предприятий различных отраслей промышленности, но допускает использование других методов оценки риска с учетом их применимости в конкретной ситуации.

В настоящее время для оценки профессиональных рисков, в том числе обусловленных нагревающим микроклиматом, при ведении подземных горных работ на нефтяных шахтах используют матричный метод. В силу своей простоты данный метод является наиболее распространенным. Суть метода заключается в определении значения риска по матрице сочетания двух величин - частоты или вероятности возникновения негативного события и потенциальных последствий его наступления. Как правило, значения вероятности и тяжести последствий определяются методом экспертных оценок с учетом данных о произошедших несчастных случаях и выявленных профессиональных заболеваниях. Пример матрицы оценки рисков приведен на рисунке 1.4.

Однако недостатками матричного метода являются субъективный характер оценок частоты и вероятности, а также невозможность оценивать профессиональные риски с достаточной точностью, поскольку это приводит к громоздким размерам матрицы рисков [59, 60].

Процедура оценки профессионального риска с точки зрения медицины труда направлена на установление количественных закономерностей возникновения профессиональных заболеваний и на разработку мероприятий по их предупреждению. В основе методики оценки профессионального риска, описанной в Руководстве Р 2.2.1766-03, лежит определение индекса профзаболевания, который обратно пропорционален категории риска и категории тяжести профзаболевания. На основе данного показателя оцениваются фактические гигиенические условия труда (таблица 1.6) [53, 59].

ШКАЛА «Величина потенциальных последствий происшествия/рискового события»					Частота / Вероятность Происшествия/рискового события				
	Негативное влияние на здоровье людей	Негативное влияние на материальные активы	Негативное влияние на окружающую среду	Негативное влияние на репутацию Группы «ЛУКОЙЛ»	1	2	3	4	5
	(Л)	(М)	(ОС)	(Р)	Частота / Вероятность определяется с учётом действующих мер управления по таблице (часть 2 МОР)				
5	Групповые несчастные случаи со смертельным исходом, профессиональные заболевания (отравления), количество пострадавших от двух и более человек (включая население территорий).	Более 36 млн. руб.	Воздействие на окружающую среду выходит за пределы административных границ региона. Возможно загрязнение водных объектов, специально охраняемых территорий. Необходимы критические, срочные мероприятия восстановления, рекультивации	Невыполнимая потеря репутации среди широкого круга партнеров, общественности, госорганов и акционеров. Подрыв репутации организации на уровне отдельного государства	1x5	2x5	3x5	4x5	5x5
4	Тяжелые, групповые несчастные случаи, профессиональные заболевания (отравления). Профессиональные заболевания (отравления) Несчастные случаи со смертельным исходом (с одним пострадавшим)	От 18 000 тыс. до 36 000 тыс. руб.	Воздействие на окружающую среду в административных границах области (региона). Возможно загрязнение водных объектов, специально охраняемых территорий. Необходимы очень значительные, длительные мероприятия восстановления, рекультивации	Потеря репутации у госорганов, среди широкого круга партнеров	1x4	2x4	3x4	4x4	5x4
3	Острые отравления / Тяжелые травмы	От 3 600 тыс. до 18 000 тыс. руб.	Воздействие на окружающую среду в границах санитарно-защитной зоны объекта. Необходимы значительные мероприятия восстановления, рекультивации	Потеря репутации среди ограниченного круга партнеров	1x3	2x3	3x3	4x3	5x3
2	Лёгкие травмы (лёгкие несчастные случаи)	От 180 тыс. до 3 600 тыс. руб.	Воздействие на окружающую среду в границах производственной территории объекта, за пределами гидроизоляции. Необходимы незначительные мероприятия восстановления, рекультивации	Незначительное влияние на репутацию	1x2	2x2	3x2	4x2	5x2
1	Микротравмы	До 180 тыс. руб.	Воздействие на окружающую среду в границах технологической площадки, в пределах гидроизоляции. Легко ликвидировать последствия	Нет влияния	1x1	2x1	3x1	4x1	5x1

Рисунок 1.4 - Пример матрицы оценки рисков в области ПБ, ОТ и ОС ПАО «ЛУКОЙЛ»

Таблица 1.6 – Классификация условий труда по индексу профзаболеваний и категории профессионального риска

Класс условий труда по Руководству Р 2.2.2006-05	Индекс профзаболеваний $I_{пз}$	Категория профессионального риска	Срочность мероприятий по снижению риска
Оптимальный - 1	-	Риск отсутствует	Меры не требуются
Допустимый - 2	$< 0,05$	Пренебрежимо малый (переносимый) риск	Меры не требуются, но уязвимые лица нуждаются в дополнительной защите *
Вредный - 3.1	$0,05 - 0,11$	Малый (умеренный) риск	Требуется меры по снижению риска
Вредный - 3.2	$0,12 - 0,24$	Средний (существенный) риск	Требуется меры по снижению риска в установленные сроки
Вредный - 3.3	$0,25 - 0,49$	Высокий (непереносимый) риск	Требуется неотложные меры по снижению риска
Вредный - 3.4	$0,5 - 1,0$	Очень высокий (непереносимый) риск	Работы нельзя начинать или продолжать до снижения риска
Опасный (экстремальный)	$> 1,0$	Сверхвысокий риск и риск для жизни, присущий данной профессии	Работы должны проводиться только по специальным регламентам **
* К уязвимым группам работников относятся несовершеннолетние, беременные женщины, кормящие матери, инвалиды. ** Ведомственные, отраслевые или профессиональные регламенты работ с мониторингом функционального состояния организма работника до начала или в течение смены.			

Однако, данный метод затруднительно использовать на предприятиях, где профессиональные заболевания не выявлены.

Модель оценки профессионального риска перегревания работника, содержащиеся в СанПиН 2.2.2776-10 «Гигиенические требования к оценке условий труда при расследовании случаев профессиональных заболеваний» [61] и в МУК 4.3.2755-10 «Интегральная оценка нагревающего микроклимата», имеют вид ступенчатой функции и не позволяют проводить непрерывную оценку риска перегревания как функции параметров микроклимата. По сути, в данных документах используется детерминированный критерий поражения, при котором условная вероятность перегревания принимается равной 1, если значение критерия (накопления тепла в организме) превышает предельно-допустимый уровень, и равной 0, если значение критерия не превышает предельно допустимый уровень.

Заслуживают внимания детерминированные и вероятностные критерии оценки поражающего действия теплового излучения на людей при пожарах, изложенные в Приказе МЧС РФ от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах». При анализе воздействия теплового излучения различают случаи импульсного и длительного воздействия. В первом случае критерием поражения является доза излучения (например, воздействие огненного шара), во втором – критическая интенсивность теплового излучения (например, воздействие пожара пролива). При оценке условной вероятности поражения человека, подвергающегося интенсивному тепловому излучению от пожара рекомендуется использование пробит-функции [62].

Остановливаясь на зарубежной практике оценки и управления рисками, следует отметить Директиву Совета Европейского Союза 89/391/ЕЭС от 12 июня 1989 г. о введении мер, содействующих улучшению безопасности и здоровья работников, в которой отражены требования по оценке и управлению рисками, предъявляемые к работодателю. В частности, работодатель должен осуществлять меры на основе следующих общих принципов: (а) устранения рисков; (б) оценки рисков, которые невозможно устранить; (с) борьбы с рисками в источнике; (д) обеспечения безопасных условий труда на рабочем месте. В европейской

практике не установлены единые требования к методике оценки рисков аварий и идентификации опасностей на рабочем месте. Европейское агентство по охране труда (EU-OSHA) рекомендует группам по оценке рисков использовать контрольные опросные листы с дальнейшим составлением матрицы рисков и ранжированием рисков по степени опасности.

Заслуживает внимания опыт Австралии, который предполагает: идентификацию потенциальных опасностей, оценку уровня риска, разработку и внедрение мероприятий по снижению риска, мониторинг эффективности принятых мероприятий, оценку остаточного риска. В целях сбора и обмена знаниями по управлению рисками в горной промышленности Австралии, была создана интерактивная онлайн-система RISKGATE, в основе которой лежит использование модели Bow Tie Analysis (БТА - «Анализ галстук-бабочка») [63, 64]. Данная система позволяет оценить риски разнообразных аварий (в том числе – от воспламенения), в он-лайн режиме осуществить выбор защитных мероприятий, но для оценки профессиональных рисков перегрева работников ее использование затруднительно.

Система MHRA (Major Hazard Risk Assessment – оценка рисков основных опасностей) используется в атомной и нефтехимической отраслях США. Для оценки риска используются методы WRAC (Workplace risk assessment and control), РНА (Preliminary hazard analysis) и БТА (Bow tie analysis) [65]. Однако данная система (как и система RISKGATE) в целом ориентирована на оценку и снижение рисков аварий. Использование отмеченных методов для целей диссертационного исследования возможно лишь в ограниченной степени, поскольку фактор опасности – нагревающий микроклимат, уже выявлен, его параметры в целом известны, и требуется оценить именно профессиональный риск перегрева в диапазоне параметров микроклимата, характерном для подземных горных выработок нефтяных шахт.

1.5 Выводы по главе 1

1. В условиях постепенного истощения запасов традиционных легких нефтей вопрос разработки месторождений высоковязких нефтей и битумов становится все актуальнее с каждым годом. Свойства данных нефтей сильно отличаются от свойств традиционных ресурсов, что предопределяет специфику технологии добычи данного вида сырья (применение паротеплового воздействия на пласт) и обуславливает особенности условий труда, в частности – наличие нагревающего микроклимата в рабочих зонах подземных горных выработок нефтяных шахт.

2. Анализ условий труда на нефтяных шахтах показал, что, несмотря на комплекс проводимых мероприятий по улучшению условий и охраны труда, вопрос нормализации параметров микроклимата для работников, проводящих горные работы, стоит достаточно остро.

3. По результатам проведенного анализа существующих методов оценки профессиональных рисков в рамках современных систем управления охраной труда выявлена необходимость совершенствования подходов по оценке профессионального риска, обусловленного нагревающим микроклиматом, при ведении горных работ на нефтяных шахтах. В этой связи, разработка метода оценки профессионального риска, обусловленного нагревающим микроклиматом, при проведении подземных горных работ на нефтяных шахтах с целью улучшения условий труда и профилактики производственного травматизма является актуальной задачей. Данный метод, наряду с применимостью в условиях производства, должен позволять проводить непрерывную оценку риска в диапазоне параметров микроклимата, характерных для нефтяных шахт, а также являться основой для обоснования выбора мероприятий по снижению риска.

ГЛАВА 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ СРЕДЫ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ НЕФТЯНЫХ ШАХТ

2.1 Определение области применения ТНС-индекса в горных выработках нефтяных шахт

В настоящее время для оценки комплексного воздействия на организм человека параметров микроклимата используется интегральный показатель тепловой нагрузки среды – ТНС-индекс, методика определения которого была рассмотрена в предыдущей главе. Однако, область применения данного показателя ограничивается величиной скорости движения воздуха в пункте проведения замеров. Согласно СанПиН 2.2.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» ТНС-индекс рекомендуется использовать на рабочих местах, где скорость воздуха не превышает 0,6 м/с.

Для определения области применения ТНС-индекса, очевидно, необходимо произвести категорирование рабочих зон горных выработок по параметрам нагревающего микроклимата, уделяя особое внимание такому параметру, как скорость движения воздуха.

В связи с этим, с целью повышения точности оценки профессиональных рисков, обусловленных нагревающим микроклиматом, при ведении подземных горных работ представляется целесообразным выделение участков с превышением предельно допустимых уровней температур: 26 °С при относительной влажности воздуха до 90%, 25 °С при относительной влажности воздуха свыше 90% и скоростью движения воздуха на данных участках до 0,6 м/с.

В качестве примера определялась область применения ТНС-индекса на нефтяной шахте №3 (НШ-3) Ярегского месторождения.

Нефтешахта № 3 территориально относится к Ухтинскому району Республики Коми. Шахтное поле занимает северо-западную часть Ярегского месторождения, на востоке граничит с шахтными полями 1 и 1 «бис», с трех других сторон его граница проходит по линии выклинивания промышленно-

продуктивного пласта III. Горный отвод простирается с северо-запада на юго-восток на 6,5 км и с северо-востока на юго-запад – на 2,5 км. Площадь нефтеносности для разработки термо-шахтным способом составляет 100,4 га.

Поле нефтешахты № 3 «Яреганефть» вскрыто тремя вертикальными стволами. Подъемный ствол и вентиляционный ствол №1 центрально-сдвоенны и расположены в средней части разрабатываемой площади на удалении в 65 м друг от друга. Вентиляционный ствол №2 в восточной части поля пройден на границе горного отвода.

Разработка шахтного поля двукрылая, отработка ведется от ствола к границам. Все шахтное поле разделено на 4 этажа. Направление расположения и нарезка этажей совпадает с направлением простирания. Для нарезки этажей вкрест простирания пройден капитальный бремсберг, из него в соответствующих местах по простиранию месторождения засекаются откаточные и вентиляционные этажные и полевые штреки. Схема проветривания фланговая; способ проветривания всасывающий; система проветривания единая.

Свежая струя поступает в шахту по подъемному стволу и вентиляционному стволу №1, распределяется по капитальному бремсбергу, 3ОШ-1 эт., ВОШ-1 эт., после чего поступает на основные объекты проветривания шахты.

На шахте имеется пять эксплуатационных блоков: 1Т-1, 2Т-1, 3Т-1, 4Т-2, 4Т-4. Исходящая струя воздуха от объектов проветривания, проходя по выработкам шахты 3ПдШ-1 эт., 117 п.ш., 201 п.ш., 404 п.ш., 3ВВШ-4 эт. и далее в общешахтную вентиляционную сеть, выбрасывается на поверхность через вентиляционный ствол №2. Он оборудован вентиляционной установкой главного проветривания, состоящей из двух вентиляторов типа ВЦЦ-31,5М2, рабочего и резервного.

Проведение подготовительных выработок осуществляется буровзрывным способом с применением аммонита проветривание, которых ведется с помощью вентиляторов местного проветривания ВМП-4, ВМЭ-5-4, ВМЭ-6.

Результаты проведенных измерений параметров рудничной атмосферы в отдельных горных выработках нефтешахты №3 приведены в таблице 2.1.

Скорость движения воздуха в горных выработках измерялась анемометром АПР-2, температура (t) и влажность (W) воздуха – прибором ТГО-2МП. Для определения депрессии применялся измеритель абсолютного и дифференциального давления МБГО-2. При проведении исследований было охвачено более 500 горных выработок. В 180 выработках скорость движения воздуха находится в пределах от 0 до 0,6 м/с, во всех остальных – от 0,61 до 11,5 м/с. Учитывая наличие температур воздуха, можно выделить 11 наиболее опасных по тепловому фактору рабочих зон для ведения горных работ, в которых скорость движения воздуха не превышает 0,6 м/с (1-я категория рабочих зон), и 38 рабочих зон, в которых скорость движения воздуха превышает 0,6 м/с (2-я категория рабочих зон) (таблица 2.1) [31, 39, 66].

Таблица 2.1– Результаты измерений параметров рудничной атмосферы в горных выработках нефтешахты №3

№ ветви	Наименование выработки	Длина, м	Сечение, м ²	Скорость движения воздуха, м/с	t, °C	W, %
Рабочие зоны горных выработок, в которых скорость движения воздуха не превышает 0,6 м/с (1-я категория рабочих зон)						
117	Насосная камера укл. 4Т-2	20,9	10,3	0,06	30,0	52%
447	Насосная камера укл. 2Т-1	20,9	10,8	0,07	30,0	46%
287	Насосная камера укл. 1Т-1	21,1	12	0,05	31,0	56%
216	Рассечка "0"	62,9	9	0,12	41,0	62%
326	Насосная камера укл. 3Т-1	21,4	7	0,59	26,0	64%
36	ЗПДШ-1 эт.	60,2	6,8	0,07	29,8	73%
113	Насосная камера укл. 4Т-4	22,4	10	0,17	30,0	58%
218	403 п.ш. бис	83,2	7,4	0,51	34,2	42%

Продолжение таблицы 2.1

156	Обходная ЗВШ-3 эт.	50	12,6	0,57	26,0	44%
418	ОШП 3Т-1 (у решетки)	-	8,4	0,42	26,0	71%
419	ВШП 3Т-1 (у решетки)	-	8,4	0,05	40,0	77%
Рабочие зоны горных выработок, в которых скорость движения воздуха превышает 0,6 м/с (2-я категория рабочих зон)						
396	403 п.ш. (в)	15,6	8,2	0,61	35,0	82%
208	405 п.ш. (н)	58	7,4	1,09	27,6	57%
522	ЗПШ-2 эт. Бис	27,7	7,4	1,11	36,6	45%
453	401 п.ш. бис	86	8,7	1,13	34,4	32%
116	ЗВВШ-4 эт.	28,4	10,1	1,32	38,5	89%
451	414 п.ш.	124,1	10,3	1,37	32,8	85%
194	Диогональный штрек	76	8,7	1,38	34,2	42%
253	ВПП уклона	13	8,4	1,61	32,1	46%
131	ЗПШ-2 эт. Бис	55,1	7,4	1,64	42,5	56%
284	404 п.ш.	70,7	6,2	1,66	31,4	32%
174	ЗВВШ-4 эт.	70,9	8	1,67	35,3	94%
272	117 п.ш.	45,3	12	1,77	43,0	93%
260	ВОШ 1 эт.	34,4	12	1,8	29,5	68%
306	201 п.ш.	21,6	9,3	2,06	29,6	36%
200	403 п.ш. (в)	65,5	13	2,1	34,2	42%
258	017 п.ш. бис	142,7	9,6	2,23	30,4	66%
72	ЗПП Уклона 1Т-1	34,2	7,6	2,52	37,0	70%
520	ВПП	30,1	7,4	2,65	41,6	45%
452	414 п.ш.	94,9	6,3	2,91	35,7	41%
37	ЗПДШ-1 эт.	61,8	6,7	2,92	37,7	85%
9	ВВШ 4эт.бис	21	13	3,14	34,4	32%
262	ВОШ 1 эт.	106,5	12	3,58	29,7	68%
217	Сбойка 6	52	12,4	3,67	31,4	32%

Продолжение таблицы 2.1

138	ЗППШ-2 эт. Бис	49,8	7,4	3,69	34,4	85%
143	301 п.ш.	205,5	9,2	3,77	33,2	46%
195	Диогональный штрек	72	10,8	4,15	43,0	95%
202	405 п.ш. (в)	57,9	13,3	4,56	34,2	44%
193	Диогональный штрек	21,1	8,7	4,96	34,4	41%
436	ВВШ 4 эт.5ис	70,2	13	5,62	32,5	38%
213	Рассечка 23	68,2	13	5,86	35,0	82%
454	405 п.ш. (н)	3,5	13,6	6,21	32,8	83%
184	401 п.ш. бис	46,9	8	6,33	32,5	34%
145	ВВШ-4 эт.	38,1	9,6	9,64	33,4	49%
507	301 п.ш.	15,7	9,2	10,56	34,7	50%
455	405 п.ш (в)	3,5	12	11,14	33,8	52%
237	217 п.ш. (в)	41,5	12	2,64	38,0	66%
263	121 п.ш.	209,3	12	3,58	39,0	69%
533	ВПдШ-3 эт.	60,5	6	1,61	38,0	65%

Расположение данных зон изображено на рисунке 2.1 и рисунке 2.2, соответственно. При нахождении в горных выработках 1-й категории в зону риска попадают работники, находящиеся в данных выработках и выполняющие работы, в том числе по обслуживанию оборудования, размещенного непосредственно в насосных камерах и прилегающих к ним выработках (электрослесари по обслуживанию и ремонту оборудования, механики). В качестве аргумента функции профессионального риска для рабочих зон 1-й категории (т.е. в которых скорость движения воздуха не превышает 0,6 м/с) предлагается использовать ТНС-индекс. Для оценки риска в рабочих зонах, в которых скорость движения воздуха превышает 0,6 м/с, использование ТНС-индекса, не учитывающего дополнительно охлаждение тела человека за счет конвекции, может привести к существенным неточностям в оценках. Следовательно, необходимо применять иной интегральный показатель тепловой нагрузки среды.

Рисунок 2.1 – Рабочие зоны горных выработок, в которых скорость движения воздуха не превышает 0,6 м/с (1-я категория рабочих зон)

Рисунок 2.2 – Рабочие зоны горных выработок, в которых скорость движения воздуха превышает 0,6 м/с (2-я категория рабочих зон)

2.2 Определение области применения эффективной температуры в горных выработках нефтяных шахт

Как следует из таблицы 2.1, ко 2-й категории рабочих зон в основном относятся подготовительные выработки, полевые штреки (117 п.ш., 201 п.ш., 301 п.ш., 403 п.ш., 414 п.ш. и др.). В данном случае наиболее неблагоприятные условия труда по тепловому фактору характерны для рабочих мест проходчиков и горнорабочих участка проходки и расширения горных выработок, горных мастеров.

Из данных, представленных в таблице 2.1, очевидно, что наибольшее количество опасных по тепловому фактору рабочих зон приходится на горные выработки, где скорость воздуха превышает 0,6 м/с и где, как было отмечено ранее, для оценки тепловой нагрузки среды на человека не может быть использован ТНС-индекс из-за невозможности получения результатов высокой точности.

Количество таких рабочих зон превышает число рабочих зон со скоростью воздуха до 0,6 м/с. Более того, в них зафиксированы наиболее высокие значения температуры и влажности воздуха, а численность персонала в этих зонах во много раз выше по сравнению с количеством работников, выполняющих горные работы в выработках, относящихся к 1-й группе рабочих зон.

В горных выработках нефтяных шахт, в которых скорость воздуха превышает 0,6 м/с, а нагревающий микроклимат формируется за счет конвекционного переноса теплоты исходящей струей воздуха из буровых галерей, а также отсутствуют нагретые поверхности, проводить оценку профессиональных рисков следует на основе эффективной температуры (ЕТ), которая, также являясь интегральным показателем тепловой нагрузки среды, позволяет учитывать влияние скорости движения воздуха на накопление тепла в организме человека.

Эффективная температура имеет такое числовое значение, которое имела бы истинная температура неподвижного и насыщенного воздуха, производящего то же ощущение, что и фактические значения параметров микроклимата в определенной зоне. Эффективная температура широко применяется за рубежом

для оценки комфортности среды и тепловых нагрузок (таблица 2.2) [67, 68, 69], но практически не представлена в исследованиях российских ученых.

Таблица 2.2 – Категорирование тепловых нагрузок по значению эффективной температуры

ЭТ, С°	Более 30	30-24	24-18	18-12	12-6	6-0
Тепло-ощущение	Очень жарко	Жарко	Тепло	Умеренно тепло	Прохладно	Умеренно
Нагрузка	Сильная	Умеренная	Комфортная	Комфортная		

По результатам проведенных исследований были составлены номограммы для определения эффективной температуры для полностью обнаженных людей, людей, одетых в легкую одежду ($clo = 0,5$) и людей, одетых в специальную одежду ($clo = 1$) для выполнения производственных операций. (clo – единица измерения теплоизолирующих свойств одежды, $1clo = 0,155 \text{ м}^2 \text{ °С /Вт}$) [39].

Для работников, одетых в спецодежду с показателем ($clo = 1$), эффективная температура определяется по номограмме, представленной на рисунке 2.3, в зависимости от значений температуры «влажного» термометра (WBT), температуры «сухого» термометра (DBT) и скорости движения воздуха. Представленная номограмма построена на основе экспериментальных данных американских исследователей [70, 71]. По результатам серии опытов были выявлены такие комбинации микроклиматических параметров (температуры и влажности воздуха), при которых достигаются одинаковые тепловые ощущения. Полученные результаты, занесенные на «психрометрическую» карту, дали линии равного теплового ощущения, или линии эффективной температуры.

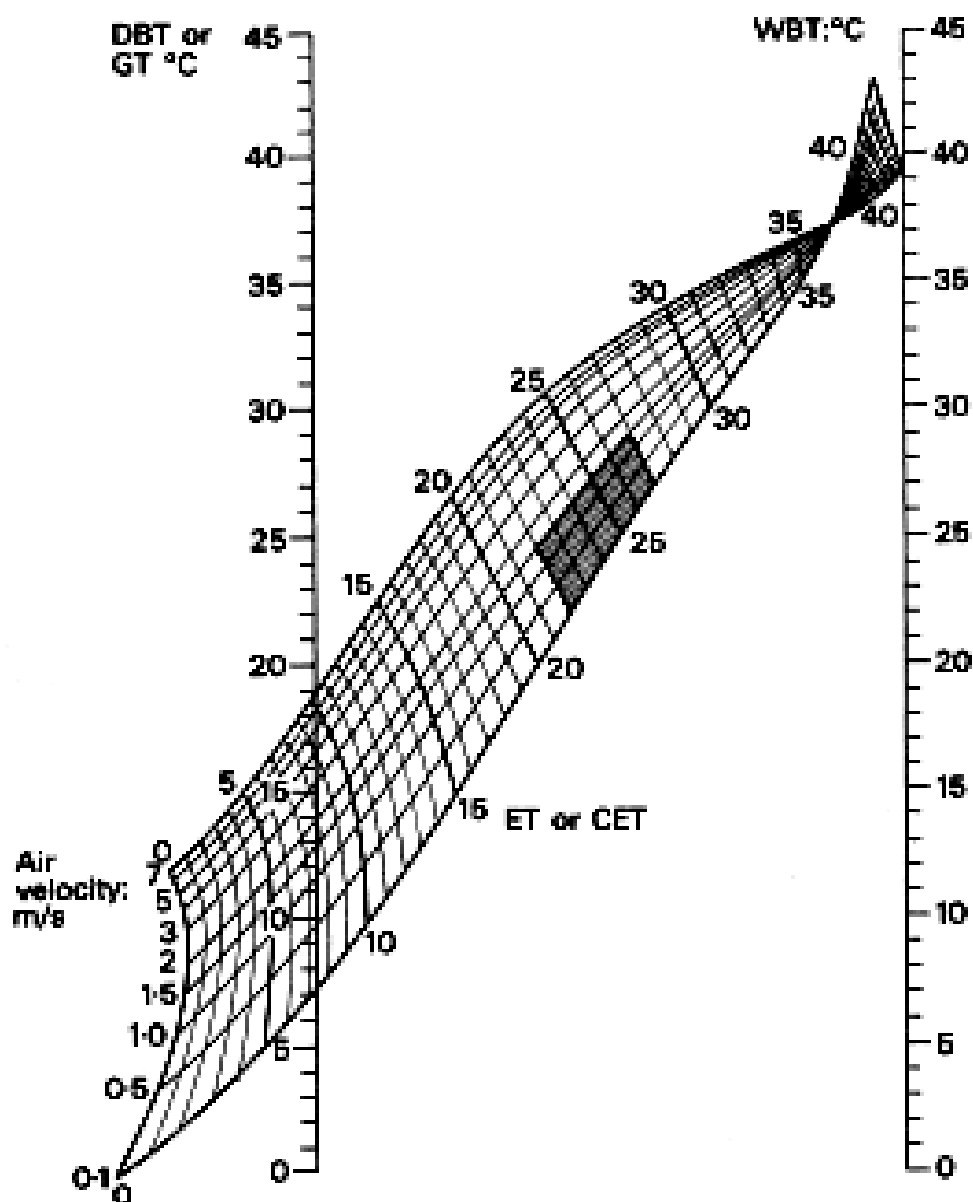


Рисунок 2.3 – Номограмма для определения эффективной температуры при разных значениях скорости воздуха (для работников, одетых в спецодежду с показателем $clo = 1$)

Далее анализировалось влияние охлаждающего действия движения воздуха на тело человека. В двух тоннелях первоначально создавались одинаковые микроклиматические условия. Затем в один из тоннелей подавался воздух с определенной скоростью, за счет чего респондентам становилось холоднее. Для достижения прежнего теплового ощущения при движении воздуха температура повышалась. На основании полученных результатов были составлены шкалы эффективных температур для различных скоростей движения воздуха. За один

градус эффективной температуры приняты показания сухого термометра в 1°C при относительной влажности, равной 100 %, а также при отсутствии движения воздуха [72, 73]..

На заключительной стадии опытов была разработана «нормальная шкала эффективных температур», полученная на основе результатов экспериментов над испытуемыми, одетыми в спецодежду с показателем $clo = 1$. Представленная номограмма была получена по результатам исследований для людей, находящихся в состоянии, близком к покою, т.е. при уровне энергозатрат, который можно отнести к категории работ Ia по энергозатратам [74].

В биоклиматологии широко используют для оценки климатического воздействия окружающей среды на человека формулу, предложенную Миссенардом и полученную на основе номограммы для людей одетых в спецодежду ($clo = 1$) [75-77]:

$$ET = 37 - \frac{37 - t}{0.68 - 0.0014 \cdot f + \frac{1}{1.76 + 1.4 \cdot v^{0.75}}} - 0.29 \cdot t \cdot \left(1 - \frac{f}{100}\right), ^\circ\text{C} \quad (2.1)$$

где t - температура воздуха , °C; f – относительная влажность, %; v – скорость воздуха, м/с.

Однако данная формула отражает приблизительную оценку эффективной температуры. В связи с этим для оценки профессионального риска с достаточной точностью рекомендуется использовать номограмму (рисунок 2.3).

Для обоснования возможности применения эффективной температуры для оценки профессиональных рисков в нефтяных шахтах было необходимо экспериментально получить и исследовать зависимости ТНС-индекса и эффективной температуры от скорости движения воздуха при параметрах микроклимата, характерных для рабочих зон горных выработок нефтяных шахт.

С привлечением аккредитованной испытательной лаборатории (аттестат аккредитации №РОСС RU.0001.517503 от 09.09.2014), и используя метрологически поверенное оборудование, были проведены замеры параметров микроклимата и определены ТНС-индекс и эффективная температура при

различных скоростях движения воздуха, характерных для нефтяных шахт. Измерения проводились в обособленном помещении площадью 19,8 м², не имеющем приточно-вытяжной вентиляции, окон и нагретых поверхностей. В данном помещении создавались микроклиматические условия, сходные для условий в рабочих зонах горных выработок нефтяных шахт.

Движение воздуха осуществлялось с помощью, установленного в горизонтальном положении, канального вентилятора Ostberg СК 160 С ЕС. Для установления необходимых значений скорости движения воздуха использовался регулятор скорости вращения двигателя вентилятора PSS-M. Условная схема проведения измерений представлена на рисунке 2.4

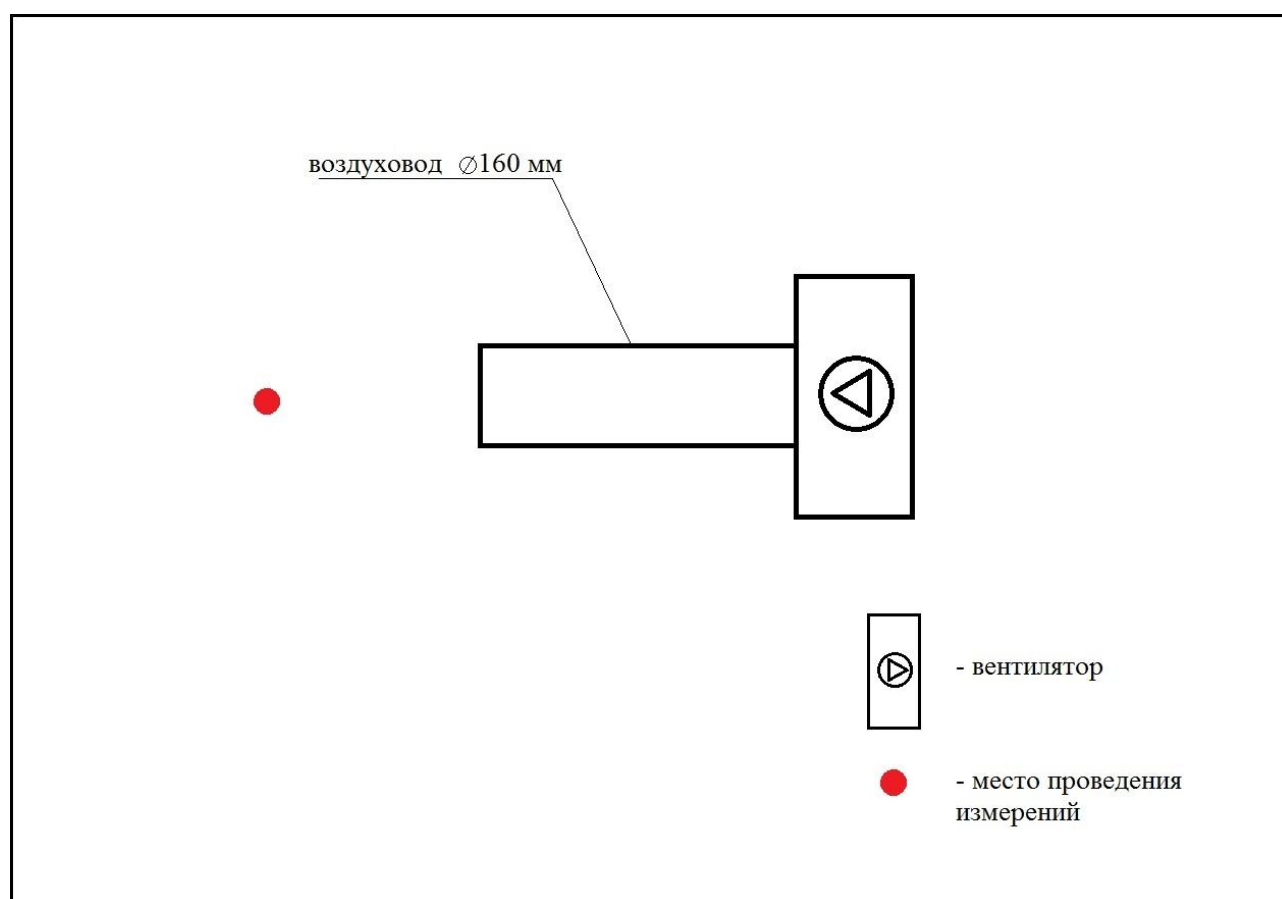


Рисунок 2.4 – Условная схема проведения измерений параметров микроклимата

Контроль параметров микроклимата осуществлялся в соответствии с «МУК 4.3.2756-10. Методы контроля. Физические факторы. Методические указания по измерению и оценке микроклимата производственных помещений. Методические указания» и «СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату

производственных помещений» с помощью прибора «ТКА-ПКМ (24)» и анемометра «ТКА-ПКМ (50)». Протокол измерений, аттестат аккредитации и область аккредитации представлены в Приложении А.

По результатам экспериментальных измерений были получены значения параметров нагревающего микроклимата и ТНС-индекса в диапазоне скоростей движения воздуха от 0,6 до 3,0 м/с (таблица 2.3). Значения эффективной температуры по данным измерений, определялись по номограмме (рисунок 2.3) для работника, одетого в спецодежду с показателем $clo = 1$.

Таблица 2.3 – Результаты определения ТНС-индекса и эффективной температуры (ЕТ) при различных скоростях движения воздуха, характерных для нефтяных шахт

№ опы-та	Температура воздуха, $t_{\text{воздуха}}, ^\circ\text{C}$	Температура внутри черного шара, $t_{\text{шара}}, ^\circ\text{C}$	Температура по влажному термометру, $t_{\text{влажного}}, ^\circ\text{C}$	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха v , м/с	ТНС-индекс, $^\circ\text{C}$	ЕТ, $^\circ\text{C}$
1	24,0	24,0	22,0	84	0,6	22,60	22,3
	24,0	24,0	22,0	84	1,5	22,60	21,1
	24,0	24,0	22,0	84	2,0	22,60	20,7
	24,0	24,0	22,0	84	3,0	22,60	19,9
2	30,1	30,1	25,6	70	0,6	26,95	27,1
	30,1	30,1	25,6	70	1,5	26,95	26,4
	30,1	30,1	25,6	70	2,0	26,95	26,1
	30,1	30,1	25,6	70	3,0	26,95	25,6
3	32,6	32,6	26,6	63	0,6	28,40	28,6
	32,6	32,6	26,6	63	1,5	28,40	28,1
	32,6	32,6	26,6	63	2,0	28,40	27,8
	32,6	32,6	26,6	63	3,0	28,40	27,4
4	31,4	31,4	29,8	89	0,6	30,28	30,1
	31,4	31,4	29,8	89	1,5	30,28	29,4
	31,4	31,4	29,8	89	2,0	30,28	29,1
	31,4	31,4	29,8	89	3,0	30,28	28,4
5	40,2	40,2	30,5	50	0,6	33,41	33,1
	40,2	40,2	30,5	50	1,5	33,41	32,7
	40,2	40,2	30,5	50	2,0	33,41	32,6
	40,2	40,2	30,5	50	3,0	33,41	32,4

В результате были получены зависимости ТНС-индекса и ЕТ от скорости движения воздуха (рисунок 2.5), из которых следует, что с увеличением скорости движения воздуха в диапазоне свыше 0,6 м/с ТНС-индекс не меняется, в отличие от ЕТ, которая позволяет учитывать дополнительные потери тепла организмом человека за счет конвекции.

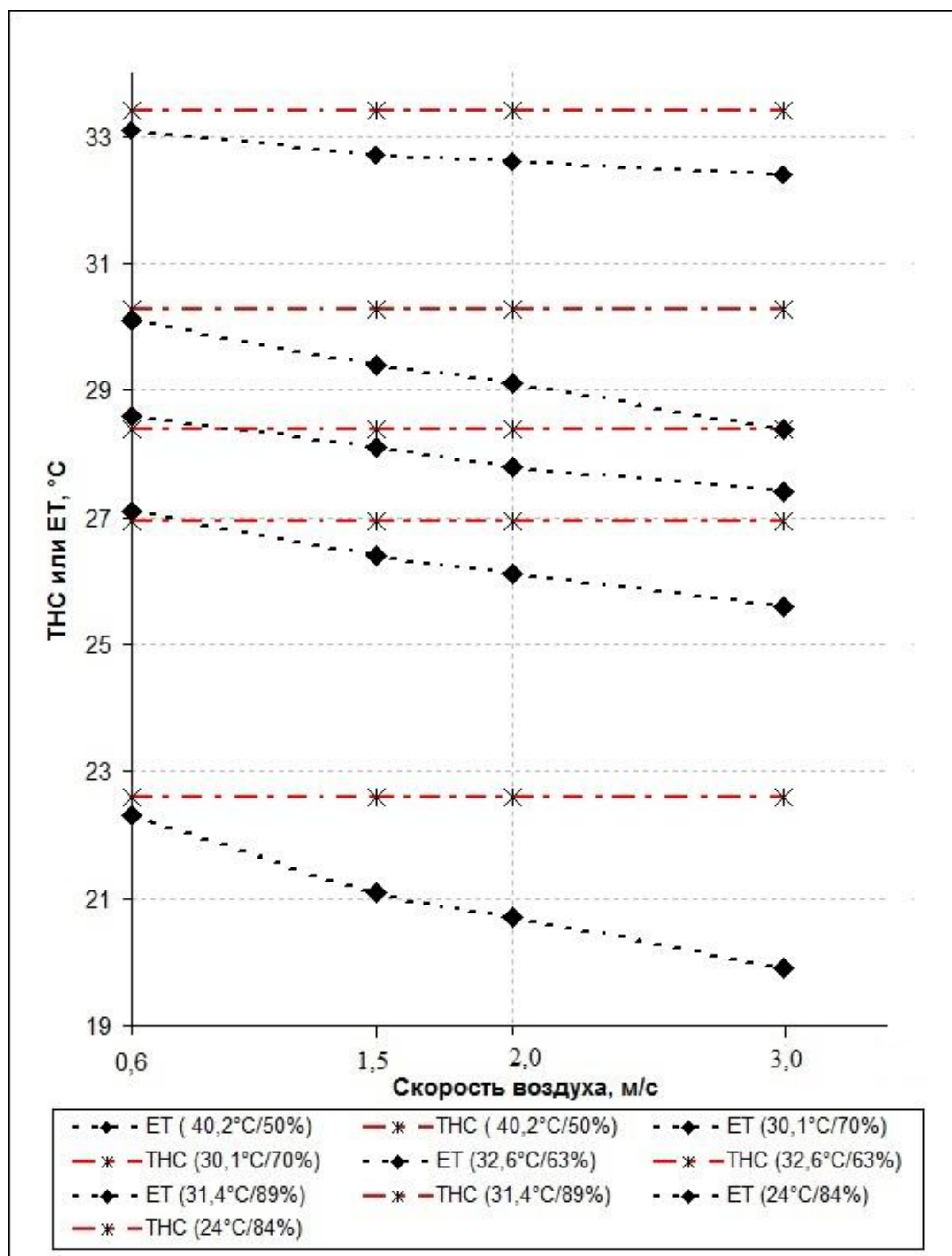


Рисунок 2.5 – Зависимости ТНС-индекса и эффективной температуры от скорости воздуха для разных микроклиматических условий (для работников, одетых в спецодежду с показателем $\text{clo} = 1$)

Таким образом, для того, чтобы оценивать риски перегрева в рабочих зонах, в которых значения скоростей движения воздуха превышают 0,6 м/с и отсутствует излучение от нагретых поверхностей, предлагается использовать показатель эффективной температуры (ЕТ), а не ТНС-индекс, который, оставаясь неизменным в диапазоне скоростей воздуха, характерном для условий ведения горных работ в нефтяных шахтах, не учитывает дополнительные потери тепла организмом человека за счет конвекции (таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Области применения интегральных показателей тепловой нагрузки среды в горных выработках нефтяных шахт.

ТНС-индекс	Эффективная температура
$V \leq 0,6$ м/с	$V > 0,6$ м/с
Наличие излучения от нагретых поверхностей	Отсутствие излучений от нагретых поверхностей

К числу рабочих зон, в которых необходимо использование эффективной температуры (на примере нефтешахты №3) относятся штреки 017 п.ш. бис, 117 п.ш., 201 п.ш., 301 п.ш., 312 п.ш. бис, 401 п.ш. бис, 403 п.ш., 403 п.ш. (в), 404 п.ш., 405 п.ш. (н), 405 п.ш. (в), 414 п.ш., ВОШ 1 эт., ЗПДШ-1 эт., ЗПШ-2 эт. бис, ЗПШ-3 эт. бис, ЗОШ-3 эт. бис, ВВШ 4 эт. бис, ВВШ-4 эт., ЗВВШ-4 эт., диагональные штреки, сбойка 6, ВС 2, Рассечка 23, ВПП, ВПП уклона, ЗПП Уклона 1Т-1, обходная ЗПШ-3 эт. бис. В данном случае в группу персонала, подверженного воздействию нагревающего микроклимата, попадают проходчики, горнорабочие и горные мастера, задействованные при проходке горных выработок и горнорабочие, занятые на геологоразведочных работах.

2.3 Выводы по главе 2

1. В горных выработках нефтяных шахт, в которых скорость воздуха не превышает 0,6 м/с, проводить оценку профессиональных рисков перегревания следует на основе интегрального показателя тепловой нагрузки среды ТНС-индекса (для работников, ведущие горные работы в основном в насосных камерах уклонов и подготовительных горных выработках).

2. В горных выработках нефтяных шахт, в которых скорость воздуха превышает 0,6 м/с, а основная тепловая нагрузка формируется за счет конвекционного переноса тепла исходящей струей воздуха из буровых галерей, проводить оценку профессиональных рисков перегревания следует на основе эффективной температуры, которая также являясь интегральным показателем тепловой нагрузки среды, позволяет учитывать влияние скорости движения воздуха на накопление тепла в организме человека. Эффективную температуру рекомендуется применять для оценки профессиональных рисков, обусловленных нагревающим микроклиматом, при ведении геологоразведочных и проходческих работ на рабочих местах проходчиков, горнорабочих и горных мастеров в полевых, диагональных, откаточных и вентиляционных штреках.

3. Наибольшее количество рабочих зон, в которых параметры микроклимата превышают ПДУ (на примере нефтешахты №3 Ярегского месторождения) приходится на горные выработки, в которых скорость воздуха превышает 0,6 м/с. Именно в этих выработках, в которых ведутся горные работы с наибольшей численностью персонала, зафиксированы наиболее высокие значения температуры и влажности воздуха. Оценка и снижение профессиональных рисков перегревания работников, выполняющих горные работы в этих зонах должны осуществляться в приоритетном порядке.

ГЛАВА III РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА, ОБУСЛОВЛЕННОГО НАГРЕВАЮЩИМ МИКРОКЛИМАТОМ

3.1 Общий подход к построению математической модели оценки профессионального риска на основе пробит-функции

Работа в условиях нагревающего микроклимата сопровождается напряжением терморегуляционных процессов в организме человека, нарушением его теплообмена с окружающей средой, перегрузкой сердечно-сосудистой, дыхательной и иных систем, что, в конечном счете, приводит к летальному исходу [44]. Для точности оценки риска перегревания работника под воздействием теплового фактора необходимо рассмотреть, каким образом происходит накопление тепла в теле человека и как оно изменяется при варьировании параметров микроклимата.

Количество образующегося в теле человека и отводимого от него тепла определяется совокупностью термодинамических и аэрологических параметров окружающей воздушной среды (температурой, влажностью, влагосодержанием, энтальпией и скоростью движения воздуха), состоянием кожного покрова (температурой поверхности кожи и количеством испаряющейся с нее влаги), нагрузками на опорно-двигательный аппарат и центральную нервную систему, характеризуемыми определенным уровнем энергозатрат.

Расчет теплообменных процессов человека с окружающей средой проводится с использованием общих закономерностей теплофизики, подразумевающих, что одинаковая теплоотдача может быть достигнута при различном сочетании вышеуказанных факторов, включая параметры микроклимата.

Как известно, основу всех процессов жизнедеятельности человека составляют биохимические реакции, которые сопровождаются выделением теплоты, определяющей температуру организма в целом. При выполнении человеком физической работы в зависимости от ее характера и интенсивности

выделяется до 250-900 ккал/ч теплоты и значительное количество пота. Испарение 1 г пота сопровождается потерей до 0,6 ккал. При увеличении скорости движения воздуха возрастает интенсивность теплоотдачи. Увеличение температуры окружающего воздуха приводит к повышению температуры тела человека. Для поддержания температуры тела на постоянном уровне человек должен непрерывно выделять образующееся в нем тепло независимо от состояния окружающей среды. Прекращение отдачи тепла в течение одного часа ведет к повышению температуры тела приблизительно на 2 °С даже в состоянии покоя. При выполнении работы высокой степени тяжести аналогичное повышение температуры может произойти за 15-20 мин. В процессе теплоотдачи происходит потеря воды, объем которой достигает 7-10 % от веса тела человека.

При повышении влажности воздуха в условиях высоких температур снижается показатель теплоотдачи человека за счет испарения, затрудняется потоотделение и быстрее наступает перегревание организма. Поэтому при реализации мероприятий, направленных на создание комфортных условий труда, особое внимание нужно уделять снижению относительной влажности до оптимальных значений. Влияние температуры и влажности воздуха на скорость выделения влаги через кожу человека, которая отражает интенсивность теплоотдачи, показано в таблице 3.1 [66, 78] .

Таблица 3.1 – Зависимость выделения влаги человеком через кожу

Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Интенсивность потоотделения, г/мин
10	76	0,42
18	70	0,57
28	55	1,56
35	50	3,14
45	35	6,11

Интенсивность теплоотдачи за счет испарения пота повышается с увеличением скорости движения воздуха. В большинстве случаев даже незначительная скорость воздушной струи, значительно не изменяющая микроклиматические условия на рабочем месте, при воздействии на поверхность

кожи приводит к нормализации ряда функций организма, нарушенных в результате предшествовавшего теплового воздействия. В работе [79] автором приведены экспериментально установленные комбинации температуры и скорости движения воздуха, при которых у горнорабочих сохраняются нормальная температура тела и комфортное тепловое состояние (таблица 3.2.).

Таблица 3.2 – Параметры микроклимата, при которых сохраняются комфортные температура тела и тепловое состояние у горнорабочих шахт

Скорость вентиляционной струи, м/с	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Температура воздуха, °С	23	24	25	26	27	28

Представленные данные показывают, что скорость воздуха существенно влияет на формирование комфортных условий труда только в пределах температуры воздуха от 23,0 до 28,0 °С. По мере увеличения температуры воздуха на рабочих местах, для поддержания комфортного теплового состояния работников требуется обеспечение более высокой скорости воздушного потока.

Теплоотдача осуществляется излучением, конвекцией, кондукцией, испарением. В условиях теплового комфорта занимают наибольшую долю потери тепла излучением и конвекцией, объединяемые понятием тепловой поток. В условиях, вызывающих перегревание организма, преобладает теплоотдача испарением.

Общее уравнение теплового баланса имеет вид [80-84]:

$$\pm Q_s = \pm Q_M \pm Q_R \pm Q_C \pm Q_K - Q_E, \text{ Вт}, \quad (3.1)$$

где Q_s – изменение теплосодержания организма; Q_M – теплопродукция организма; Q_R – тепловой поток излучения; Q_C – тепловой поток конвекцией; Q_K – тепловой поток кондукцией; Q_E – потеря тепла за счет испарения.

Изменение теплосодержания организма, выраженное накоплением тепла, ведет к напряжению реакций терморегуляции и риску перегревания организма, согласно (таблица 3.3) [85, 86].

Таблица 3.3 – Риск перегрева человеческого организма в зависимости от накопления тепла

Накопление тепла в организме, $\Delta Q_{т.с.}$, кДж/кг (верхняя граница)	Напряжение реакций терморегуляции (МУК 4.3.2755-10)	Класс условий труда	Риск перегрева организма согласно СанПиН 2.2.2776-10, МУК 4.3.2755-10
0,00 – 0,87	Очень слабое (минимальное)	1	Отсутствует
0,88 – 2,6	Слабое	2	Малый
2,61-2,75	Умеренное	3.1	Умеренный
2,76-3,30	Выраженное	3.2	Высокий
3,31-4,00	Сильное	3.3	Очень высокий
4,01-5,50	Очень сильное	3.4	Чрезвычайно высокий
выше 5,50	Чрезмерное	4	Критический

Как отмечалось в главе 1, по сути, данный подход к оценке риска предполагает использование детерминированного критерия поражения, при котором определенный уровень риска перегрева (условная вероятность перегрева) принимается равным 1, если значение критерия (накопления тепла в организме) превышает предельно-допустимый уровень, и равной 0, если значение критерия не превышает предельно допустимый уровень.

Для разработки математической модели для непрерывной оценки профессионального риска, обусловленного нагревающим микроклиматом, предлагается взять за основу пробит-функцию, которая используется при разработке моделей бинарного выбора. Такого рода модели предполагают выявление определенного признака или его отсутствия у исследуемого объекта, подвергнутого воздействию на него негативного фактора, что соответственно обозначается цифрами «1» и «0» и позволяют оценить вероятность того, что выявление определенного признака примет значение «1» при соответствующих значениях негативного фактора.

Пробит-функция широко применяется в методах оценки условной вероятности поражения человека в результате воздействия на него теплового излучения, токсического воздействия, действия ударной волны [87, 88].

Данные методы нашли свое отражение в ряде нормативных документов по вопросам промышленной и пожарной безопасности, например, в Приказе МЧС

РФ от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах», Приказе Ростехнадзора от 11 апреля 2016 г. № 144 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах».

Пробит-функция является верхним пределом интегральной функции нормального распределения случайной величины, характеризующей эффект поражения [89, 90]:

$$P = F [Pr (D)] = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{Pr} e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \quad (3.2)$$

где Pr – пробит-функция, P – вероятность поражения, e – число Эйлера, t – случайная величина, характеризующая эффект поражения.

В общем случае пробит-функция, которая отображает связь между вероятностью поражения и дозой негативного воздействия, имеет вид:

$$Pr (D) = a + b \ln D, \quad (3.3)$$

где a и b – константы, зависящие от вида и параметров негативного воздействия; D – доза негативного воздействия.

Стоит отметить, что работа в условиях с превышением допустимых значений ТНС-индекса приводит к избыточному накоплению тепла в теле работника, результатом чего является перегревание организма. Пример влияния ТНС-индекса на средневзвешенную температуру кожи t_k и накопление тепла $\Delta Q_{т.с.}$ в организме человека приведен на рисунке 3.1 [91, 92].

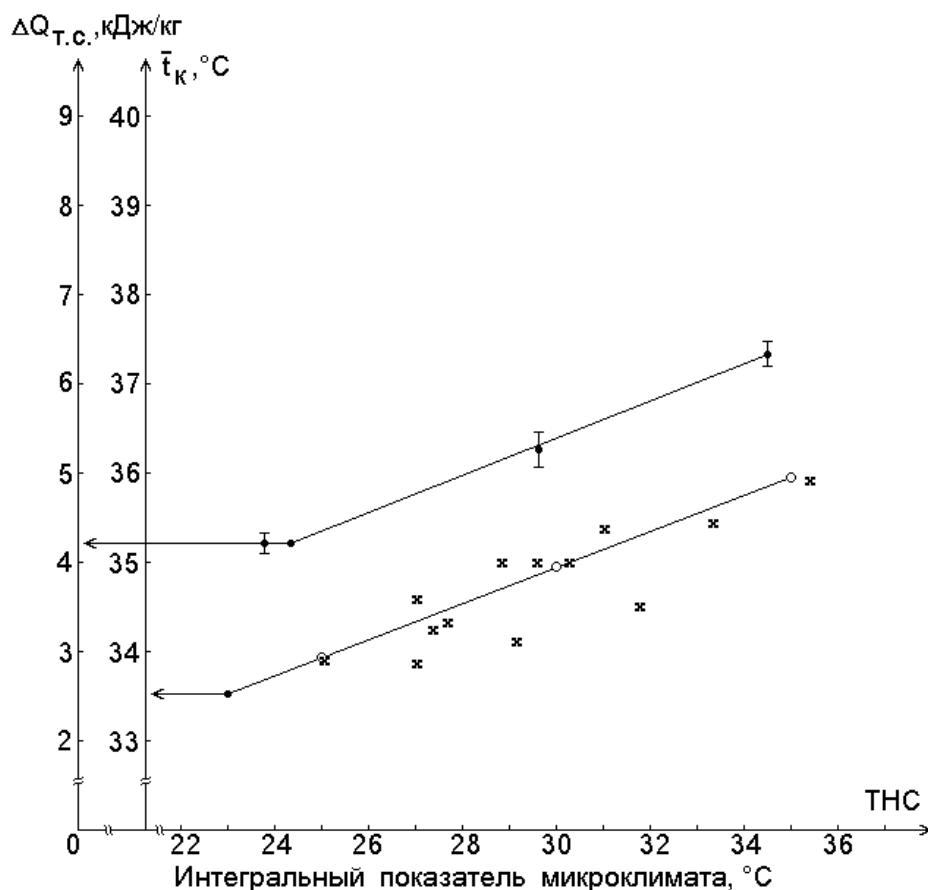


Рисунок 3.1 - Влияние ТНС-индекса на средневзвешенную температуру кожи (t_k) и накопление тепла ($\Delta Q_{T.c.}$) в организме человека, выполняющего общую физическую работу с энергозатратами до 129 Вт/м^2

В связи с тем, что по результатам медико-биологических исследований отмечалась стабилизация накопления тепла в организме работников после одного часа работы в условиях нагревающего микроклимата, в качестве дозы негативного воздействия на организм работника принимались значения ТНС-индекса в течение часового воздействия, а в качестве критерия «поражения» принималось количество накопленного тепла в организме работника ΔQ свыше $4,0 \text{ кДж/кг}$, которое характеризуется очень сильным напряжением реакций терморегуляции, приводящему к «чрезвычайно высокому» риску перегревания организма (класс условий труда 3.4) [54, 93].

С целью оценки возможности использования пробит-функций для оценки профессионального риска (условной вероятности перегревания работников) при сочетанном воздействии параметров нагревающего микроклимата,

характеризующихся ТНС-индексом, был проведен анализ результатов медико-биологических исследований влияния нагревающего микроклимата, приведенных в отечественной и зарубежной литературе [94-107]. При этом из всех имеющихся данных были выделены результаты порядка 400 исследований, в которых участвовали работники-мужчины в хлопчатобумажной спецодежде (с показателем теплоизоляции $c_{lo} = 1$), находящиеся в одинаковых условиях и выполняющие сходную по энергозатратам работу [108, 109, 110, 111].

Методика проведения экспериментов как иностранными, так и российскими учеными имела единый принцип и предусматривала помещение людей одинаковой возрастной группы (от 20 до 50 лет) в условия нагревающего микроклимата. Эксперименты включали как производственные исследования, так и эксперименты в тепловой камере, в которой создавались различные условия, определяемые комбинацией параметров микроклимата (температуры, влажности и скорости движения воздуха). При этом оценивались теплоощущения испытуемых и регистрировались значения температуры глубоких тканей «ядра», которая ($t_{я}$, °C) соответствовала ректальной температуре либо температуре подмышечной впадины, температуры кожи ($t_{к}$, °C) на различных участках тела, количество влаги, теряемой организмом в единицу времени (ΔP , г/ч), отслеживалась частота сердечных сокращений (ЧСС, уд / мин.).

На основе полученных значений температуры кожи на локальных участках тела определялась ее средневзвешенная величина ($t_{свк}$, °C) [112, 113]:

$$t_{свк} = 0,0886 \cdot t_1 + 0,34(t_2 + t_3 + t_4 + t_5)/4 + 0,134 \cdot t_6 + 0,045 \cdot t_7 + 0,203(t_8 + t_9)/2 + 0,125 \cdot t_{10} + 0,0644 \cdot t_{11}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (3.4)$$

где $t_1 - t_{11}$ – соответственно температура кожи в области лба, груди, живота, спины, поясницы, плеча, кисти, верхней и нижней части бедра, голени, стопы, °C.

На основе средневзвешенного значения температуры кожи и температуры «ядра» были рассчитаны средняя температура тела $t_{ст}$ и ее изменение в конце опыта по отношению к начальному значению.

$$t_{см} = K \cdot t_{я} + (1-K) \cdot t_{свк}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (3.5)$$

где K – коэффициент, определяемый из соотношения:

$$K = 0,037 \cdot T_o + 0,519, \quad (3.6)$$

в котором T_o – балл теплоощущений от 1 до 7 в зависимости от градации фактических ощущений, характеризующихся как "холодно", "прохладно", "слегка прохладно", "комфорт", "слегка тепло", "тепло", "жарко".

Накопление тепла в организме человека рассчитывалось по формуле:

$$\Delta Q_{m.c} = C \cdot \Delta T_{cm}, \text{ кДж/кг}, \quad (3.7)$$

где $C=3,48$ кДж/кг·°С – теплоемкость тканей человеческого тела; ΔT_{cm} – изменение средней температуры тела за время эксперимента, °С.

Как следует из определения пробит-функции (формула 3.2), ее применение для оценки условной вероятности перегрева работников (профессионального риска перегрева) возможно лишь в том случае, если случайная величина, характеризующая эффект поражения (в нашем случае это накопление тепла в организме, $\Delta Q_{т.с.}$, кДж/кг), имеет распределение, близкое к нормальному.

3.2 Проверка гипотезы о нормальном распределении случайной величины, характеризующей накопление тепла в организме человека

По итогам обработки результатов медико-биологических исследований были выделены три группы экспериментов, респонденты которых выполняли работу (либо физические упражнения) с энергозатратами, соответствующими категориям работ Ia, IIa, IIб. В каждой группе были проанализированы значения ТНС-индекса и рассчитаны значения количества тепла, которое накапливается в организме при данных условиях (таблицы 3.4 – 3.6).

Таблица 3.4 – Результаты анализа данных медико-биологических исследований по влиянию ТНС-индекса на величину накопления тепла в организме человека при выполнении работ категории Ia по энергозатратам

№ серии экспериментов	№ опыта	ТНС-индекс, °С	Накопление тепла в организме, $\Delta Q_{т.с.}$, кДж/кг	ln ТНС	№ серии экспериментов	№ опыта	ТНС-индекс, °С	Накопление тепла в организме, $\Delta Q_{т.с.}$, кДж/кг	ln ТНС
1	1.	23,72	0,83	3,17	2	1.	24,53	1,13	3,20
	2.	23,72	1,90	3,17		2.	24,53	2,50	3,20
	3.	23,72	0,47	3,17		3.	24,53	2,07	3,20
	4.	23,72	1,15	3,17		4.	24,53	2,31	3,20
	5.	23,72	2,45	3,17		5.	24,53	3,22	3,20
	6.	23,72	1,41	3,17		6.	24,53	1,16	3,20
	7.	23,72	0,98	3,17		7.	24,53	3,22	3,20
	8.	23,72	4,20	3,17		8.	24,53	2,02	3,20
	9.	23,72	2,67	3,17		9.	24,53	2,35	3,20
	10.	23,72	1,21	3,17		10.	24,53	1,67	3,20
	11.	23,72	2,36	3,17		11.	24,53	2,00	3,20
	12.	23,72	-0,04	3,17		12.	24,53	2,14	3,20
	13.	23,72	-0,04	3,17		13.	24,53	1,82	3,20
	14.	23,72	1,99	3,17		14.	24,53	2,77	3,20
	15.	23,72	2,89	3,17		15.	24,53	1,50	3,20
	16.	23,72	1,45	3,17		16.	24,53	2,33	3,20
	17.	23,72	2,00	3,17		17.	24,53	1,59	3,20
	18.	23,72	0,94	3,17		18.	24,53	1,55	3,20
	19.	23,72	2,58	3,17		19.	24,53	2,42	3,20
	20.	23,72	0,25	3,17		20.	24,53	2,68	3,20
	21.	23,72	2,10	3,17		21.	24,53	3,04	3,20
	22.	23,72	1,18	3,17		22.	24,53	2,81	3,20
	23.	23,72	1,71	3,17		23.	24,53	2,00	3,20
	24.	23,72	2,28	3,17		24.	24,53	2,31	3,20
	25.	23,72	2,76	3,17		25.	24,53	2,40	3,20
	26.	23,72	2,73	3,17		26.	24,53	2,67	3,20
	27.	23,72	0,83	3,17		27.	24,53	2,54	3,20
	28.	23,72	3,45	3,17		28.	24,53	1,32	3,20
	29.	23,72	4,36	3,17		29.	24,53	2,03	3,20
	30.	23,72	-0,03	3,17		30.	24,53	2,23	3,20
	31.	23,72	2,59	3,17		31.	24,53	2,89	3,20
	32.	23,72	1,68	3,17		32.	24,53	1,61	3,20

Продолжение таблицы 3.4

	33.	23,72	1,39	3,17		33.	24,53	1,02	3,20
	34.	23,72	2,40	3,17		34.	24,53	1,75	3,20
	35.	23,72	-1,02	3,17		35.	24,53	1,83	3,20
	36.	23,72	4,16	3,17		36.	24,53	1,73	3,20
	37.	23,72	0,01	3,17		37.	24,53	1,57	3,20
	38.	23,72	2,57	3,17		38.	24,53	2,64	3,20
	39.	23,72	1,10	3,17		39.	24,53	3,12	3,20
	40.	23,72	3,10	3,17		40.	24,53	1,27	3,20
	41.	23,72	3,90	3,17		41.	24,53	2,69	3,20
	42.	23,72	-0,21	3,17		42.	24,53	1,29	3,20
	43.	23,72	2,10	3,17		43.	24,53	1,98	3,20
	44.	23,72	0,57	3,17		44.	24,53	2,37	3,20
	45.	23,72	2,25	3,17		45.	24,53	2,60	3,20
	46.	23,72	0,57	3,17		46.	24,53	1,58	3,20
	47.	23,72	1,42	3,17		47.	24,53	1,75	3,20
	48.	23,72	3,28	3,17		48.	24,53	2,54	3,20
	49.	23,72	1,26	3,17		49.	24,53	3,04	3,20
	50.	23,72	1,67	3,17		50.	24,53	1,69	3,20
3	1.	28,68	3,03	3,36	4	1.	29,87	3,90	3,40
	2.	28,68	6,40	3,36		2.	29,87	2,92	3,40
	3.	28,68	1,35	3,36		3.	29,87	3,47	3,40
	4.	28,68	-2,10	3,36		4.	29,87	4,87	3,40
	5.	28,68	-1,57	3,36		5.	29,87	2,77	3,40
	6.	28,68	7,50	3,36		6.	29,87	5,81	3,40
	7.	28,68	7,80	3,36		7.	29,87	2,97	3,40
	8.	28,68	-1,07	3,36		8.	29,87	2,00	3,40
	9.	28,68	-0,38	3,36		9.	29,87	2,62	3,40
	10.	28,68	7,51	3,36		10.	29,87	0,88	3,40
	11.	28,68	8,82	3,36		11.	29,87	7,81	3,40
	12.	28,68	1,84	3,36		12.	29,87	3,69	3,40
	13.	28,68	2,78	3,36		13.	29,87	3,28	3,40
	14.	28,68	-1,48	3,36		14.	29,87	4,07	3,40
	15.	28,68	0,83	3,36		15.	29,87	1,24	3,40
	16.	28,68	1,36	3,36		16.	29,87	-0,12	3,40
	17.	28,68	5,39	3,36		17.	29,87	6,36	3,40
	18.	28,68	-1,31	3,36		18.	29,87	5,79	3,40
	19.	28,68	4,60	3,36		19.	29,87	3,51	3,40
	20.	28,68	3,49	3,36		20.	29,87	2,84	3,40
	21.	28,68	2,90	3,36		21.	29,87	5,78	3,40
	22.	28,68	3,50	3,36		22.	29,87	6,79	3,40
	23.	28,68	4,88	3,36		23.	29,87	3,17	3,40

Продолжение таблицы 3.4

24.	28,68	0,78	3,36	24.	29,87	1,91	3,40
25.	28,68	5,89	3,36	25.	29,87	4,24	3,40
26.	28,68	4,61	3,36	26.	29,87	4,10	3,40
27.	28,68	3,66	3,36	27.	29,87	3,68	3,40
28.	28,68	9,46	3,36	28.	29,87	1,38	3,40
29.	28,68	2,01	3,36	29.	29,87	2,70	3,40
30.	28,68	1,95	3,36	30.	29,87	3,41	3,40
31.	28,68	-2,19	3,36	31.	29,87	4,05	3,40
32.	28,68	-1,92	3,36	32.	29,87	7,37	3,40
33.	28,68	1,17	3,36	33.	29,87	4,04	3,40
34.	28,68	-0,77	3,36	34.	29,87	4,76	3,40
35.	28,68	3,26	3,36	35.	29,87	3,31	3,40
36.	28,68	10,80	3,36	36.	29,87	0,26	3,40
37.	28,68	3,28	3,36	37.	29,87	3,17	3,40
38.	28,68	4,36	3,36	38.	29,87	3,79	3,40
39.	28,68	3,00	3,36	39.	29,87	1,62	3,40
40.	28,68	2,03	3,36	40.	29,87	4,19	3,40
41.	28,68	1,85	3,36	41.	29,87	2,26	3,40
42.	28,68	-2,36	3,36	42.	29,87	2,35	3,40
43.	28,68	0,55	3,36	43.	29,87	4,14	3,40
44.	28,68	-1,01	3,36	44.	29,87	4,99	3,40
45.	28,68	2,76	3,36	45.	29,87	5,02	3,40
46.	28,68	1,94	3,36	46.	29,87	4,19	3,40
47.	28,68	0,19	3,36	47.	29,87	5,37	3,40
48.	28,68	2,07	3,36	48.	29,87	5,20	3,40
49.	28,68	4,34	3,36	49.	29,87	2,34	3,40
50.	28,68	1,59	3,36	50.	29,87	7,16	3,40

Таблица 3.5 – Результаты анализа данных медико-биологических исследований по влиянию ТНС-индекса на величину накопления тепла в организме человека при выполнении работ категории IIa по энергозатратам

№ серии экспериментов	№ опыта	ТНС-индекс, °C	$\Delta Q_{т.с.}$, кДж/кг	ln ТНС	№ серии экспериментов	№ опыта	ТНС-индекс, °C	$\Delta Q_{т.с.}$, кДж/кг	ln ТНС
1	1	17,20	1,69	2,84	8	1	30,29	6,35	3,41
	2	17,20	1,75	2,84		2	30,29	6,33	3,41
	3	17,20	1,90	2,84		3	30,29	6,17	3,41

Продолжение таблицы 3.5

	4	17,20	1,84	2,84		4	30,29	6,20	3,41
	5	17,20	2,01	2,84		5	30,29	6,44	3,41
	6	17,20	1,86	2,84		6	30,29	6,40	3,41
	7	17,20	2,10	2,84		7	30,29	6,35	3,41
2	1	21,28	2,71	3,06	9	1	30,80	4,65	3,43
	2	21,28	2,85	3,06		2	30,80	4,67	3,43
	3	21,28	2,66	3,06		3	30,80	4,48	3,43
	4	21,28	2,74	3,06		4	30,80	4,32	3,43
	5	21,28	2,85	3,06		5	30,80	4,50	3,43
	6	21,28	2,88	3,06		6	30,80	4,65	3,43
	7	21,28	2,92	3,06		7	30,80	4,69	3,43
3	1	21,35	3,76	3,06	10	1	32,00	5,51	3,47
	2	21,35	3,47	3,06		2	32,00	5,66	3,47
	3	21,35	4,14	3,06		3	32,00	5,70	3,47
	4	21,35	4,06	3,06		4	32,00	5,45	3,47
	5	21,35	3,66	3,06		5	32,00	5,38	3,47
	6	21,35	3,88	3,06		6	32,00	5,26	3,47
	7	21,35	3,32	3,06		7	32,00	5,50	3,47
4	1	22,62	3,09	3,12	11	1	32,50	6,22	3,48
	2	22,62	3,11	3,12		2	32,50	6,38	3,48
	3	22,62	2,87	3,12		3	32,50	6,10	3,48
	4	22,62	3,10	3,12		4	32,50	6,04	3,48
	5	22,62	2,99	3,12		5	32,50	6,22	3,48
	6	22,62	3,09	3,12		6	32,50	6,15	3,48
	7	22,62	3,15	3,12		7	32,50	6,01	3,48
5	1	25,55	3,73	3,24	12	1	32,90	6,71	3,49
	2	25,55	3,60	3,24		2	32,90	6,65	3,49
	3	25,55	3,94	3,24		3	32,90	6,48	3,49
	4	25,55	3,99	3,24		4	32,90	6,40	3,49
	5	25,55	4,11	3,24		5	32,90	6,55	3,49
	6	25,55	3,67	3,24		6	32,90	6,70	3,49
	7	25,55	3,61	3,24		7	32,90	6,65	3,49
6	1	28,42	3,78	3,35	13	1	33,20	5,83	3,50
	2	28,42	3,43	3,35		2	33,20	5,97	3,50
	3	28,42	3,80	3,35		3	33,20	5,89	3,50
	4	28,42	3,56	3,35		4	33,20	6,14	3,50
	5	28,42	3,97	3,35		5	33,20	6,40	3,50
	6	28,42	3,78	3,35		6	33,20	5,99	3,50
	7	28,42	3,33	3,35		7	33,20	5,97	3,50
7	1	29,60	5,46	3,39	14	1	34,10	7,90	3,53
	2	29,60	5,73	3,39		2	34,10	7,86	3,53
	3	29,60	5,30	3,39		3	34,10	8,45	3,53

Продолжение таблицы 3.5

	4	29,60	5,19	3,39	15	4	34,10	8,06	3,53	
	5	29,60	5,03	3,39		5	34,10	8,11	3,53	
	6	29,60	5,65	3,39		6	34,10	7,97	3,53	
	7	29,60	4,85	3,39		7	34,10	8,20	3,53	
	8	29,60	4,44	3,39		1	34,40	6,51	3,54	
	9	29,60	5,29	3,39		2	34,40	5,72	3,54	
	10	29,60	5,47	3,39		3	34,40	6,07	3,54	
	11	29,60	5,15	3,39		4	34,40	6,74	3,54	
	12	29,60	5,25	3,39		5	34,40	6,43	3,54	
	13	29,60	5,40	3,39		6	34,40	6,65	3,54	
	14	29,60	5,56	3,39		7	34,40	6,65	3,54	
	15	29,60	5,34	3,39		8	34,40	6,66	3,54	
	16	29,60	4,72	3,39		9	34,40	6,93	3,54	
	17	29,60	5,25	3,39		10	34,40	6,41	3,54	
	18	29,60	5,46	3,39		11	34,40	6,90	3,54	
	19	29,60	4,93	3,39		12	34,40	6,41	3,54	
	20	29,60	4,80	3,39		13	34,40	6,59	3,54	
	21	29,60	5,81	3,39		14	34,40	6,40	3,54	
	22	29,60	5,28	3,39		15	34,40	6,65	3,54	
	23	29,60	5,69	3,39		16	34,40	6,51	3,54	
						17	34,40	6,32	3,54	
						18	34,40	6,56	3,54	
						19	34,40	6,71	3,54	
20						34,40	6,51	3,54		
21						34,40	6,73	3,54		
22						34,40	6,60	3,54		
23						34,40	6,20	3,54		

Таблица 3.6 – Результаты анализа данных медико-биологических исследований по влиянию ТНС-индекса на величину накопления тепла в организме человека при выполнении работ категории IIб по энергозатратам

№ се- рии экс- пери- мен- тов	№ опыта	ТНС- индекс, °С	$\Delta Q_{т.с.},$ кДж/кг	ln ТНС	№ се- рии экс- пери- мен- тов	№ опыта	ТНС- индекс, °С	$\Delta Q_{т.с.},$ кДж/кг	ln ТНС
1	1	21,35	2,35	3,06	3	14	30,00	6,86	3,40
	2	21,35	4,39	3,06		15	30,00	7,94	3,40
	3	21,35	3,00	3,06		16	30,00	7,33	3,40

Продолжение таблицы 3.6

	4	21,35	3,35	3,06		17	30,00	6,88	3,40
	5	21,35	3,59	3,06		18	30,00	8,73	3,40
	6	21,35	3,87	3,06		19	30,00	7,17	3,40
	7	21,35	2,22	3,06		20	30,00	7,21	3,40
	8	21,35	3,05	3,06		21	30,00	4,49	3,40
	9	21,35	3,56	3,06		22	30,00	6,77	3,40
	10	21,35	4,79	3,06		23	30,00	7,50	3,40
	11	21,35	4,95	3,06		24	30,00	8,30	3,40
2	1	28,00	5,00	3,33		25	30,00	4,38	3,40
	2	28,00	4,46	3,33		26	30,00	5,43	3,40
	3	28,00	5,33	3,33		27	30,00	4,63	3,40
	4	28,00	5,86	3,33		28	30,00	6,48	3,40
	5	28,00	3,92	3,33		29	30,00	5,85	3,40
	6	28,00	3,86	3,33		30	30,00	8,76	3,40
	7	28,00	2,88	3,33		31	30,00	7,07	3,40
	8	28,00	4,59	3,33		32	30,00	7,00	3,40
	9	28,00	3,38	3,33		33	30,00	3,85	3,40
	10	28,00	4,95	3,33		34	30,00	4,61	3,40
	11	28,00	5,22	3,33		35	30,00	4,88	3,40
	12	28,00	3,70	3,33		36	30,00	5,83	3,40
	13	28,00	4,33	3,33		37	30,00	4,20	3,40
	14	28,00	5,22	3,33		38	30,00	4,62	3,40
3	1	30,00	4,93	3,40		39	30,00	5,93	3,40
	2	30,00	5,66	3,40		40	30,00	3,35	3,40
	3	30,00	5,72	3,40		41	30,00	5,81	3,40
	4	30,00	6,33	3,40		42	30,00	9,52	3,40
	5	30,00	4,96	3,40		43	30,00	6,57	3,40
	6	30,00	4,44	3,40		44	30,00	4,71	3,40
	7	30,00	5,06	3,40		45	30,00	7,21	3,40
	8	30,00	7,14	3,40		46	30,00	7,75	3,40
	9	30,00	7,64	3,40		47	30,00	6,87	3,40
	10	30,00	7,51	3,40		48	30,00	5,45	3,40
	11	30,00	4,75	3,40		49	30,00	6,42	3,40
	12	30,00	6,81	3,40		50	30,00	4,91	3,40
	13	30,00	5,47	3,40					

Для подтверждения возможности использования пробит-функции для оценки риска перегрева работников, занятых на работах категорий Ia, IIa, IIб в условиях нагревающего микроклимата, была проведена проверка гипотезы о нормальном распределении количества тепла, накапливаемого в организме

человека и вызывающего очень сильное напряжение реакции терморегуляции ($\Delta Q > 4,0$ кДж/кг). Исходной базой для проверки послужил массив представленных экспериментальных данных с рассчитанными значениями $\ln T_{НС}$. Проверка гипотезы о нормальном распределении случайной величины ΔQ проводилась по критерию Шапиро-Уилка [114-116].

Данный критерий разработан специально для оценки соответствия выборок закону нормального распределения и характеризуется как наиболее объективный критерий, основанный на оптимальной линейной несмещённой оценке дисперсии к её обычной оценке методом максимального правдоподобия. Формула для расчета данного параметра имеет следующий вид [117]:

$$W = \frac{1}{s^2} \left[\sum_{i=1}^n a_{n-i+1} (\Delta Q_{n-i+1} - \Delta Q_i) \right]^2, \quad (3.8)$$

где a_{n-i+1} - коэффициент, зависящий от объема выборки;

ΔQ_i - экспериментальные значения накопления тепла в организме при соответствующей величине ТНС-индекса, кДж/кг;

s^2 - квадрат отклонения от среднего значения, определяемый по формуле:

$$s^2 = \sum_{i=1}^n (\Delta Q_i - \overline{\Delta Q})^2. \quad (3.9)$$

Для выполнения проверки вышеуказанной гипотезы был использован лицензионный программный продукт «IBM SPSS Statistics». Интерфейс программы и пример данных для расчета приведены на рисунке 3.2. В программу вводятся рассчитанные значения натуральных логарифмов фактических индексов тепловой нагрузки среды и количественные значения накопления тепла в организме работников при данных условиях.

*1a шапиро.sav [Наборданных1] – Редактор данных IBM SPSS Statistics

Файл Правка Вид Данные Преобразование Анализ Прямой маркетинг Графика Сервис Окно Справка

	дельтаQ1	lnTHC1	дельтаQ2	lnTHC2	дельтаQ3	lnTHC3	дельтаQ4	lnTHC4	пер
1	5,31	3,40	,83	3,17	3,03	3,36	1,13	3,20	
2	4,48	3,40	1,90	3,17	6,40	3,36	2,50	3,20	
3	6,58	3,40	,47	3,17	1,35	3,36	2,07	3,20	
4	,97	3,40	1,15	3,17	-2,10	3,36	2,31	3,20	
5	4,52	3,40	2,45	3,17	-1,57	3,36	3,22	3,20	
6	4,18	3,40	1,41	3,17	7,50	3,36	1,16	3,20	
7	5,36	3,40	,98	3,17	7,80	3,36	3,22	3,20	
8	6,84	3,40	4,20	3,17	-1,07	3,36	2,02	3,20	
9	6,38	3,40	2,67	3,17	-,38	3,36	2,35	3,20	
10	4,20	3,40	1,21	3,17	7,51	3,36	1,67	3,20	
11	5,84	3,40	2,36	3,17	8,82	3,36	2,00	3,20	
12	3,77	3,40	-,04	3,17	1,84	3,36	2,14	3,20	
13	2,84	3,40	-,04	3,17	2,78	3,36	1,82	3,20	
14	7,07	3,40	1,99	3,17	-1,48	3,36	2,77	3,20	
15	5,91	3,40	2,89	3,17	,83	3,36	1,50	3,20	
16	,88	3,40	1,45	3,17	1,36	3,36	2,33	3,20	
17	5,40	3,40	2,00	3,17	5,39	3,36	1,59	3,20	
18	3,32	3,40	,94	3,17	-1,31	3,36	1,55	3,20	
19	4,92	3,40	2,58	3,17	4,60	3,36	2,42	3,20	
20	4,87	3,40	,25	3,17	3,49	3,36	2,68	3,20	
21	5,13	3,40	2,10	3,17	2,90	3,36	3,04	3,20	
22	7,36	3,40	1,18	3,17	3,50	3,36	2,81	3,20	
23	6,01	3,40	1,71	3,17	4,88	3,36	2,00	3,20	
24	2,61	3,40	2,28	3,17	,78	3,36	2,31	3,20	
25	5,94	3,40	2,76	3,17	5,89	3,36	2,40	3,20	
26	5,05	3,40	2,73	3,17	4,61	3,36	2,67	3,20	
27	4,64	3,40	,83	3,17	3,66	3,36	2,54	3,20	
28	5,83	3,40	3,45	3,17	9,46	3,36	1,32	3,20	
29	6,10	3,40	4,36	3,17	2,01	3,36	2,03	3,20	
30	6,12	3,40	-,03	3,17	1,95	3,36	2,23	3,20	
31	3,18	3,40	2,59	3,17	-2,19	3,36	2,89	3,20	
32	4,54	3,40	1,68	3,17	-1,92	3,36	1,61	3,20	
33	8,09	3,40	1,39	3,17	1,17	3,36	1,02	3,20	
34	4,67	3,40	2,40	3,17	-,77	3,36	1,75	3,20	
35	2,79	3,40	-1,02	3,17	3,26	3,36	1,83	3,20	
36	3,97	3,40	4,16	3,17	10,80	3,36	1,73	3,20	
37	2,24	3,40	,01	3,17	3,28	3,36	1,57	3,20	

Представление Данные Представление Переменные

Процессор IBM SPSS

Рисунок 3.2 – Вид исходных данных в программном продукте «IBM SPSS Statistics» для оценки соответствия выборок закону нормального распределения

В результате расчета для соответствующих значений $\ln \text{THC}$ были получены гистограммы распределения случайной величины $\Delta Q_{\text{т.с.}}$ (рисунок 3.3). Рядом с гистограммой отображается среднее значение $\Delta Q_{\text{т.с.}}$, величина

стандартного отклонения и количество респондентов N , участвовавших в эксперименте.

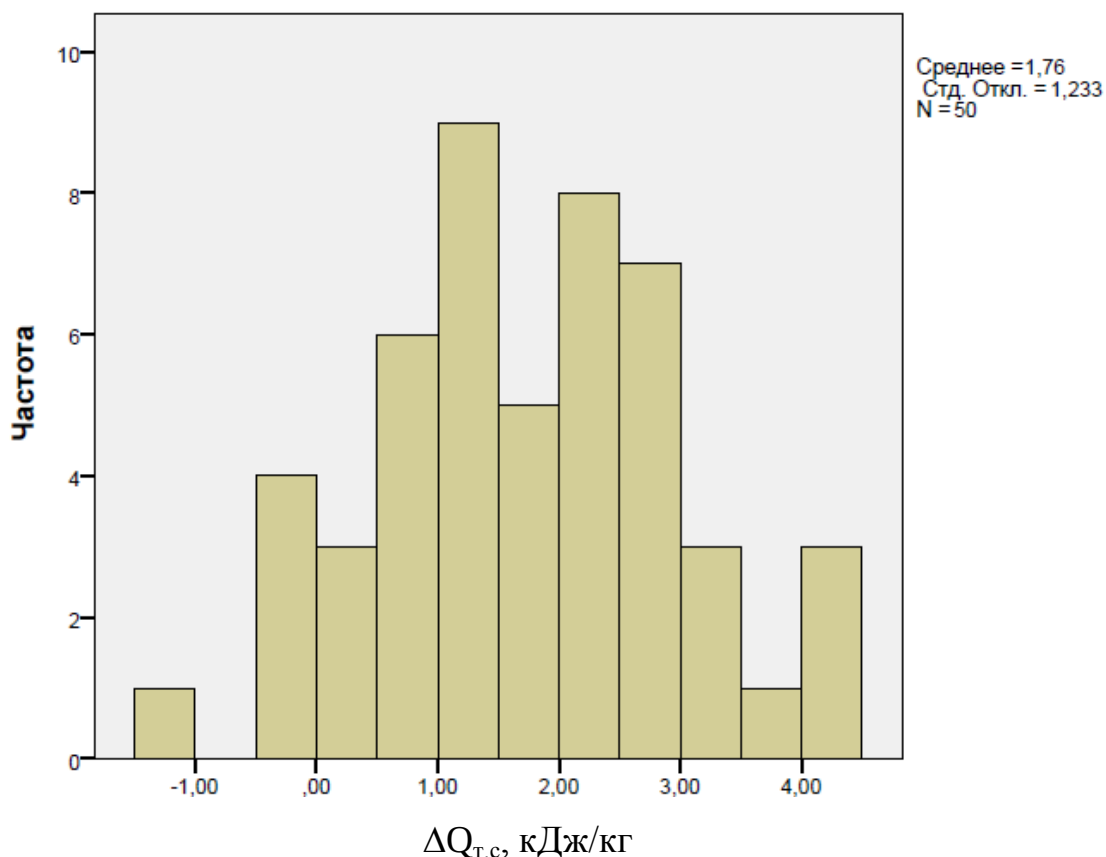
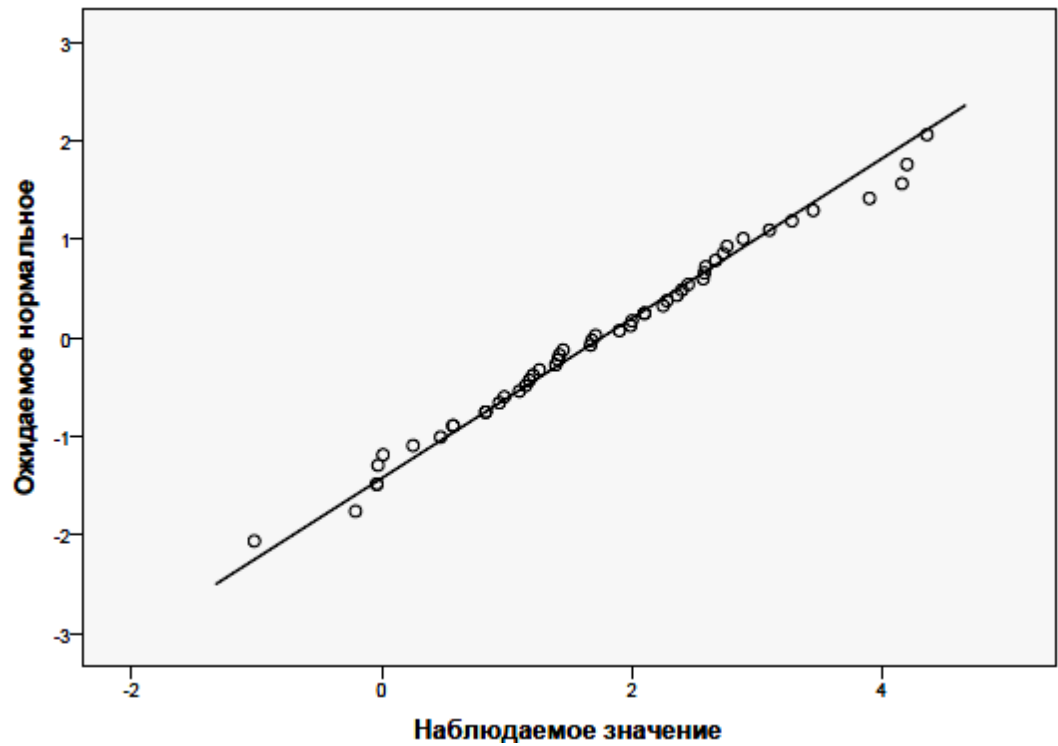


Рисунок 3.3 – Пример гистограммы распределения случайной величины $\Delta Q_{т.с.}$ для $\ln TNC = 3,17$ (TNC -индекс = $23,72^\circ C$) при выполнении работ категории Ia по энергозатратам

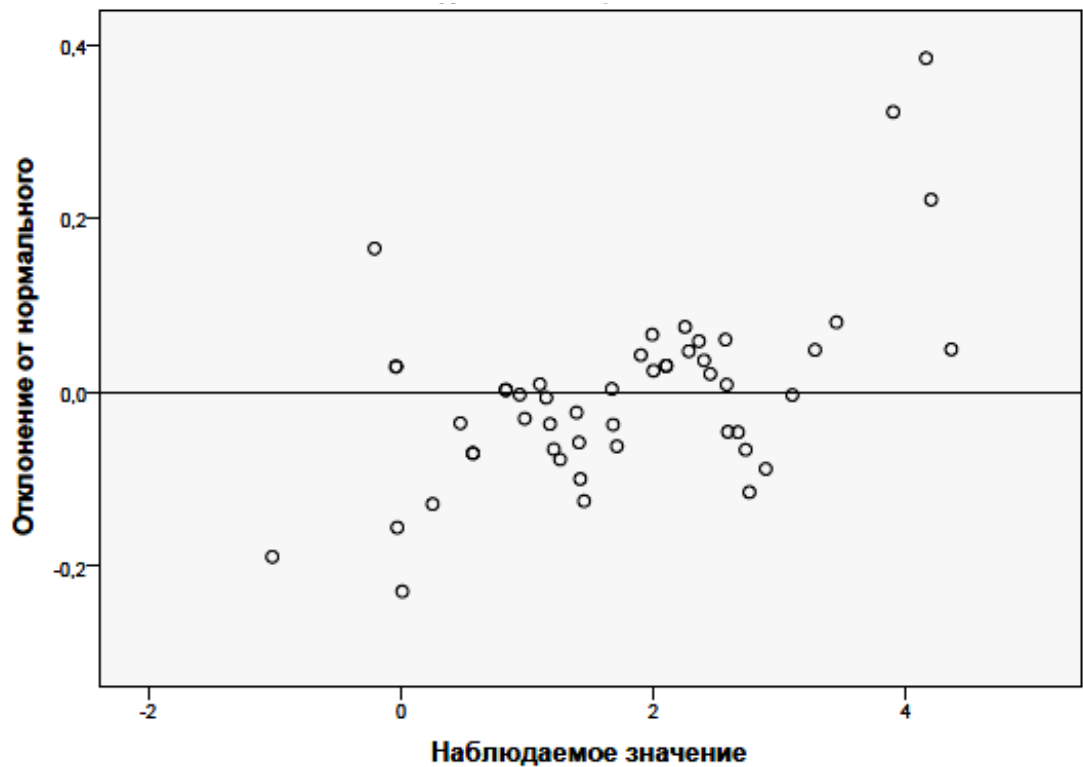
На основе данных распределения получаем нормальные графики $\Delta Q_{т.с.}$ - $\Delta Q_{т.с.}$ с удаленным трендом (рисунок 3.4).

Как видно из представленных графиков, практически все значения $\Delta Q_{т.с.}$ соответствуют ожидаемым нормальным значениям и лежат на линии тренда. Исключение составляют величины $\Delta Q_{т.с.}$, изменяющиеся в пределах от 3,90 до 4,36 кДж/кг и от -0,03 до -1,02 кДж/кг. Именно в этих случаях величина отклонения от нормы, как следует из рисунка 3.4 б, максимальна и составляет 0,2-0,4. Максимальная кучность значений по отношению к линии тренда достигается при $\Delta Q_{т.с.}$ равном -0,02-3,45 кДж/кг.

В целом распределение случайной величины $\Delta Q_{т.с.}$ для значения TNC -индекса, равного $23,72^\circ C$, наиболее близко к нормальному. Критерий Шапиро-Уилка равен 0,987 при достаточно высокой значимости, составляющей 0,838.



а)



б)

Рисунок 3.4 – Нормальные графики $\Delta Q_{T.C.}$ - $\Delta Q_{T.C.}$ с удаленным трендом $\Delta Q_{T.C.}$ для $\ln TNC = 3,17$ (TNC-индекс = 23,72 °C) при выполнении работ категории Ia:
 а) по абсолютным значениям $\Delta Q_{T.C.}$; б) по величине отклонения от нормального распределения.

Аналогичным образом, проводилась проверка гипотезы нормального распределения случайной величины накопления тепла в организме работников для других сочетаний параметров нагревающего микроклимата, выражаемых ТНС-индексом, при выполнении работ категорий Па, Пб по энергозатратам.

Все рассчитанные значения критерия Шапиро-Уилка и значения значимости для случаев категорий работ по энергозатратам Ia, Па и Пб сведены в таблицы 3.7 – 3.9.

Таблица 3.7 – Результаты проверки гипотезы нормального распределения случайной величины $\Delta Q_{т.с.}$ при выполнении категории работ по энергозатратам Ia

№ серии экспериментов	ТНС, °С	lnТНС, °С	Среднее значение $\Delta Q_{т.с.}$, кДж/кг	Критерий Шапиро-Уилка, W	Значимость
1	23,72	3,17	1,76	0,987	0,838
2	24,53	3,20	2,14	0,974	0,745
3	28,68	3,36	2,59	0,962	0,913
4	29,87	3,40	3,75	0,978	0,788

Таблица 3.8 – Результаты проверки гипотезы нормального распределения случайной величины $\Delta Q_{т.с.}$ при выполнении категории работ по энергозатратам Па

№ серии экспериментов	ТНС, °С	lnТНС, °С	Среднее значение $\Delta Q_{т.с.}$, кДж/кг	Критерий Шапиро-Уилка, W	Значимость
1	17,20	2,84	1,88	0,915	0,976
2	21,28	3,06	3,28	0,879	0,755
3	21,35	3,06			
4	22,62	3,12	3,06	0,924	0,833
5	25,55	3,24	3,81	0,890	0,774
6	28,42	3,35	3,66	0,944	0,956
7	29,60	3,39	5,26	0,966	0,689
8	30,29	3,41	6,32	0,847	0,706
9	30,80	3,43	4,57	0,736	0,821
10	32,00	3,47	5,49	0,928	0,993
11	32,50	3,48	5,49	0,779	0,897
12	32,90	3,49	6,16	0,840	0,909

Продолжение таблицы 3.8

13	33,20	3,50	6,59	0,991	0,783
14	34,10	3,53	6,03	0,974	0,988

Таблица 3.9 – Результаты проверки гипотезы нормального распределения случайной величины $\Delta Q_{т.с.}$ при выполнении категории работ по энергозатратам IIб

№ серии экспериментов	ТНС, °С	lnТНС, °С	Среднее значение $\Delta Q_{т.с.}$, кДж/кг	Критерий Шапиро-Уилка, W	Значимость
1	21,35	3,06	3,56	0,955	0,845
2	28,00	3,33	4,48	0,973	0,919
3	30,00	3,40	6,15	0,976	0,904

Исходя из полученных данных, следует, что накопление тепла в организме работников вне зависимости от категории работ по энергозатратам носит вероятностный характер и подчиняется нормальному закону распределения. Критерий Шапиро-Уилка в большинстве случаев превышает 0,9 при средней значимости 0,8-0,9.

Таким образом полученный результат позволяет использовать метод пробит-функций для разработки математической модели оценки профессиональных рисков, обусловленных нагревающим микроклиматом.

3.3 Разработка математических моделей оценки профессионального риска, обусловленного нагревающим микроклиматом

При разработке математической модели на основе пробит-функции определялись коэффициенты а и b в уравнении (3.3) для разных категорий выполняемых работ по энергозатратам.

Для определения данных коэффициентов был использован массив исходных данных, приведенных в таблицах 3.4 – 3.6. Для обработки результатов медико-биологических исследований был также использован программный продукт «IBM SPSS Statistics».

Так как пробит-модель относится к моделям бинарного выбора, то принятому критерию поражения (профессиональному риску перегрева) $\Delta Q_{\text{т.с.}}$ было присвоено два значения: 0 – $\Delta Q_{\text{т.с.}} \leq 4,0$ кДж/кг; 1 – $\Delta Q_{\text{т.с.}} > 4,0$ кДж/кг. Пример набора исходных данных в программном продукте «IBM SPSS Statistics» приведен на рисунке 3.5.

*1a.sav [Набор данных1] - Редактор данных IBM SPSS Statistics

Файл Правка Вид Данные Преобразование Анализ Прямой маркетинг Графика Сервис Окно Справка

1 : дельтаQбольше4 1

	дельтаQ	дельтаQбольше4	lnTHC	пер	пер	пер	пер	пер	пер
1	5,31	1	3,40						
2	4,48	1	3,40						
3	6,58	1	3,40						
4	,97	0	3,40						
5	4,52	1	3,40						
6	4,18	1	3,40						
7	5,36	1	3,40						
8	6,84	1	3,40						
9	6,38	1	3,40						
10	4,20	1	3,40						
11	5,84	1	3,40						
12	3,77	0	3,40						
13	2,84	0	3,40						
14	7,07	1	3,40						
15	5,91	1	3,40						
16	,88	0	3,40						
17	5,40	1	3,40						
18	3,32	0	3,40						
19	4,92	1	3,40						
20	4,87	1	3,40						
21	5,13	1	3,40						
22	7,36	1	3,40						
23	6,01	1	3,40						
24	2,61	0	3,40						
25	5,94	1	3,40						
26	5,05	1	3,40						
27	4,64	1	3,40						
28	5,83	1	3,40						
29	6,10	1	3,40						
30	6,12	1	3,40						
31	3,18	0	3,40						
32	4,54	1	3,40						
33	8,09	1	3,40						
34	4,67	1	3,40						
35	2,79	0	3,40						
36	3,97	0	3,40						
37	2,24	0	3,40						

Представление Данные Представление Переменные

Процессор IBM SPSS Statistics

Рисунок 3.5. Пример исходных данных для расчета коэффициентов в пробит-модели с использованием программного продукта «IBM SPSS Statistics»

Для оценки параметров модели был использован метод максимального правдоподобия, логарифмическая функция правдоподобия в нашем случае имела вид [116]:

$$L(a, b) = \ln W(a, b) = \sum_{t=1}^n \Delta Q_t \cdot \ln P(\ln THC_t) + (1 - \Delta Q_t) \cdot \ln(1 - P(\ln THC_t)), \quad (3.10)$$

где $P(\ln THC) = F(a + b \cdot \ln THC)$.

Максимизация функции правдоподобия по неизвестным параметрам модели a и b позволила получить оценки параметров. Реализация метода максимального правдоподобия на практике проводится с использованием специализированных программных комплексов.

После внесения в программу «IBM SPSS Statistics» указанных выше исходных данных были проведены расчеты параметров пробит-моделей оценки профессионального риска. Уравнения, полученные с учетом рассчитанных коэффициентов при условии $\Delta Q_{т.с} > 4,0$ кДж/кг, приняли вид:

$$\text{— для категории работ Ia: } Pr = -37,23 + 11,112 \cdot \ln THC, \quad (3.11)$$

$$\text{— для категории работ IIa: } Pr = -31,299 + 9,575 \cdot \ln THC, \quad (3.12)$$

$$\text{— для категории работ IIб: } Pr = -30,198 + 9,366 \cdot \ln THC. \quad (3.13)$$

Рассмотрим качество полученных моделей на примере алгоритма проверки уравнения, полученного для оценки риска перегревания работников, выполняющих работы категории Ia по энергозатратам в условиях нагревающего микроклимата.

По результатам расчетов коэффициентов для каждого уравнения был сформирован отчет, представленный в виде таблицы 3.10, в котором отображено общее число обработанных значений $\Delta Q_{т.с.}$, и количество значений $\Delta Q_{т.с.}$ более и менее 4,0 кДж/кг (показатель N), с указанием их процентного соотношения, отображаемого в графе «Маргинальный процент».

Таблица 3.10 – Сводный отчет по наблюдениям для категории Ia по энергозатратам

Наличие перегрева		N	Маргинальный процент, %
$\Delta Q < 4,0$ кДж/кг	0	134	67,0
$\Delta Q > 4,0$ кДж/кг	1	66	33,0
Допустимо		200	100,0
Пропущенные		0	
Всего		200	

В таблице 3.11 представлено качество подгонки модели.

Таблица 3.11 – Информация подгонки модели для категорий работ Ia, IIa, IIб по энергозатратам

Категор ия работ	Модель	-2 Log- правдоподо бие	Хи- квадрат, $\chi^2_{\text{набл.}}$	Степень свободы, K	P - значение
Ia	Только свободный член	114,144	95,599	1	0,000
	Окончательная	18,545			
IIa	Только свободный член	150,750	108,092	1	0,000
	Окончательная	42,657			
IIб	Только свободный член	52,978	45,322	1	0,000
	Окончательная	7,656			
Функция связи: Пробит.					

Данные, приведенные в таблице 3.11, характеризуют результаты проверки нулевой гипотезы H_0 (гипотезы об отсутствии различий в построении модели).

При проверке качества подгонки модели для категории работ Ia по энергозатратам гипотеза отвергается с уровнем значимости $\alpha=0,01$, так как $p=0,000$, что менее 0,01, а $\chi^2_{\text{набл.}} > \chi^2_{\text{крит}}$ ($95,599 > 6,63$). Значение $\chi^2_{\text{крит}}$ определяется на основании справочных данных исходя из степени свободы (K) и уровня значимости (P). В связи с этим можно сделать вывод, что модели имеют смысл и могут быть использованы для описания зависимой переменной, характеризующей риск перегревания человека.

В классической линейной регрессионной модели, полученной с использованием метода наименьших квадратов, в качестве основного показателя качества подгонки модели используется коэффициент детерминации (R^2).

Однако, интерпретация R^2 вводит в заблуждение при анализе линейной регрессии с бинарно-распределенной зависимой переменной. Даже, если фактически присутствует сильная взаимосвязь, вероятность того, что R^2 будет иметь низкие значения, остается достаточно высокой. Максимальное значение, которое может принимать коэффициент детерминации при значении вероятности от 0,2 до 0,9, составляет 0,36.

Поэтому для оценки качества пробит-моделей был использован критерий псевдо- R^2 (Nagelkerke). Результаты оценки по данному критерию, рассчитанному применительно к полученным пробит-моделям, позволяют судить об их качестве с точки зрения доли объясненных значений выбранной случайной переменной (таблица 3.12).

Таблица 3.12 – Значения критерия псевдо- R^2 (Nagelkerke)

Категория работ по энергозатратам	Наименование критерия	Значение
Ia	Nagelkerke	0,762
IIa	Nagelkerke	0,829
IIб	Nagelkerke	0,837
Функция связи: пробит		

Представленные в таблице 3.12 значения являются мерой определённости, которая указывает на процентную долю дисперсии, объясненную при помощи порядковой регрессии. Например, для пробит-модели категории работ по энергозатратам Ia оценка дисперсии составляет 76,2 %. (Указанные в таблице 3.12 значения являются аналогом коэффициента детерминации в линейных регрессионных моделях.) В полученных моделях значения критерия псевдо- R^2 близки к 0,8, что свидетельствует о статистической значимости построенных моделей.

В таблицах 3.13 - 3.15 представлена проверка значимости полученных коэффициентов а и b пробит-моделей для категорий работ по энергозатратам Ia, IIa, IIб.

Таблица 3.13 – Оценка параметров модели для категории Ia по энергозатратам

	Оценка	Стандартная ошибка, $E_{стан}$	Вальд, Z_w	Степень свободы, K	P - значение
Пороговое значение $\Delta Q > 4,0$ кДж/кг	-37,230	4,653	64,025	1	0,000
Положение ln ТНС	11,112	1,394	63,532	1	0,000
Функция связи: пробит					

В приведенной таблице оценки являются коэффициентами a и b уравнения, входящего в функцию, обратную функции нормального распределения. С целью возможности практического использования разработанных моделей необходимо проверить гипотезу о значимости полученных уравнений или гипотезу о неравенстве нулю параметров регрессии.

С этой целью проводилась проверка значимости отличия коэффициентов (оценок) или параметров модели от нуля при помощи статистики Вальда, использующей распределение хи-квадрат и представляющего собой квадрат отношения соответствующего коэффициента к его стандартной ошибке:

$$Z_w = \left(\frac{\rho}{E_{стан}} \right)^2, \quad (3.14)$$

где ρ – оценка модели, $E_{стан}$ – стандартная ошибка

Применительно к нашим данным имеем: $Z_w = (37,230/4,653)^2 = 64,025$.

Тест Вальда широко применяется для оценки параметров вероятностных моделей, получаемых на основе выборочных данных.

Его статистика в общем случае имеет вид:

$$Z_w = \left(\frac{\rho - \rho_0}{D(\rho)} \right)^2 \quad (3.15)$$

где ρ – оценка параметра, полученная на основе метода максимального правдоподобия с использованием выборочных данных; ρ_0 – предполагаемое значение параметра; $D(\rho)$ – дисперсия оценки.

Если рассчитанное по формуле (3.15) значение коэффициента Вальда равно нулю, то это означает, что модель является «бесполезной» и анализировать далее полученные результаты не имеет смысла. При значении, отличном от нуля, производится оценка значимости коэффициентов при независимой переменной модели бинарного выбора по формуле (3.14).

В нашем случае все полученные значения коэффициентов дискретных пробит-моделей статистически значимы, т.к. стандартные ошибки меньше значений коэффициентов и все вероятные ошибки меньше 0,05.

Аналогично производилась проверка на адекватность пробит-моделей, полученных для оценки риска перегрева работников, выполняющих работу категорий IIa и IIб (таблицы 3.14 – 3.15).

Таблица 3.14. Оценка параметров модели для категории IIa по энергозатратам

	Оценка	Стандартная ошибка, $E_{стан}$	Вальд, Z_w	Степень свободы, K	P - значение
Пороговое значение $\Delta Q > 4,0$ кДж/кг	-31,299	4,977	39,552	1	0,000
Положение $\ln THC$	9,575	1,487	41,447	1	0,000
Функция связи: пробит					

Таблица 3.15. Оценка параметров модели для категории IIб по энергозатратам

	Оценка	Стандартная ошибка, $E_{стан}$	Вальд, Z_w	Степень свободы, K	P - значение
Пороговое значение $\Delta Q > 4,0$ кДж/кг	-30,198	5,920	26,024	1	0,000
Положение $\ln THC$	9,366	1,781	27,647	1	0,000
Функция связи: пробит					

3.4 Результаты оценки профессионального риска, обусловленного нагревающим микроклиматом

В результате подстановки полученных пробит моделей (3.11), (3.12), (3.13) в верхний предел интегральной функции нормального распределения (3.2), были получены массивы значений профессионального риска, обусловленного нагревающим микроклиматом, который вызывает накопление тепла в теле работника свыше 4,0 кДж/кг. Зависимости профессионального риска от уровня ТНС-индекса для категорий работ по энергозатратам Ia, IIa, IIб, характерных для горных работ, выполняемых в нефтяных шахтах, представлены на рисунке 3.6 [118].

Для верификации результатов оценки профессионального риска с использованием пробит-моделей было проведено сравнение полученных результатов с результатами оценки на основе детерминированного критерия согласно СанПиН 2.2.2776-10 «Гигиенические требования к оценке условий труда при расследовании случаев профессиональных заболеваний» и МУК 4.3.2755-10 «Интегральная оценка нагревающего микроклимата». Значения ТНС-индекса принимались соответствующими классу условий труда 3.4 и определяющими «чрезвычайно высокий» риск перегревания организма. Согласно СанПиН 2.2.2776-10 и МУК 4.3.2755-10 ТНС-индекс в данных условиях имеет значения 31,0 °С, 29,9 °С, 29,1 °С для категорий работ по энергозатратам Ia, IIa, IIб, соответственно (значения риска перегревания на рисунке 3.6. представлены пунктирными линиями). Сравнение результатов оценок риска, полученных с использованием модели на основе пробит-функции и детерминированной модели, позволяет рекомендовать разработанный метод на основе пробит-функции для практического использования в целях непрерывной оценки риска в диапазоне параметров микроклимата, характерном для проведения горных работ на нефтяных шахтах.

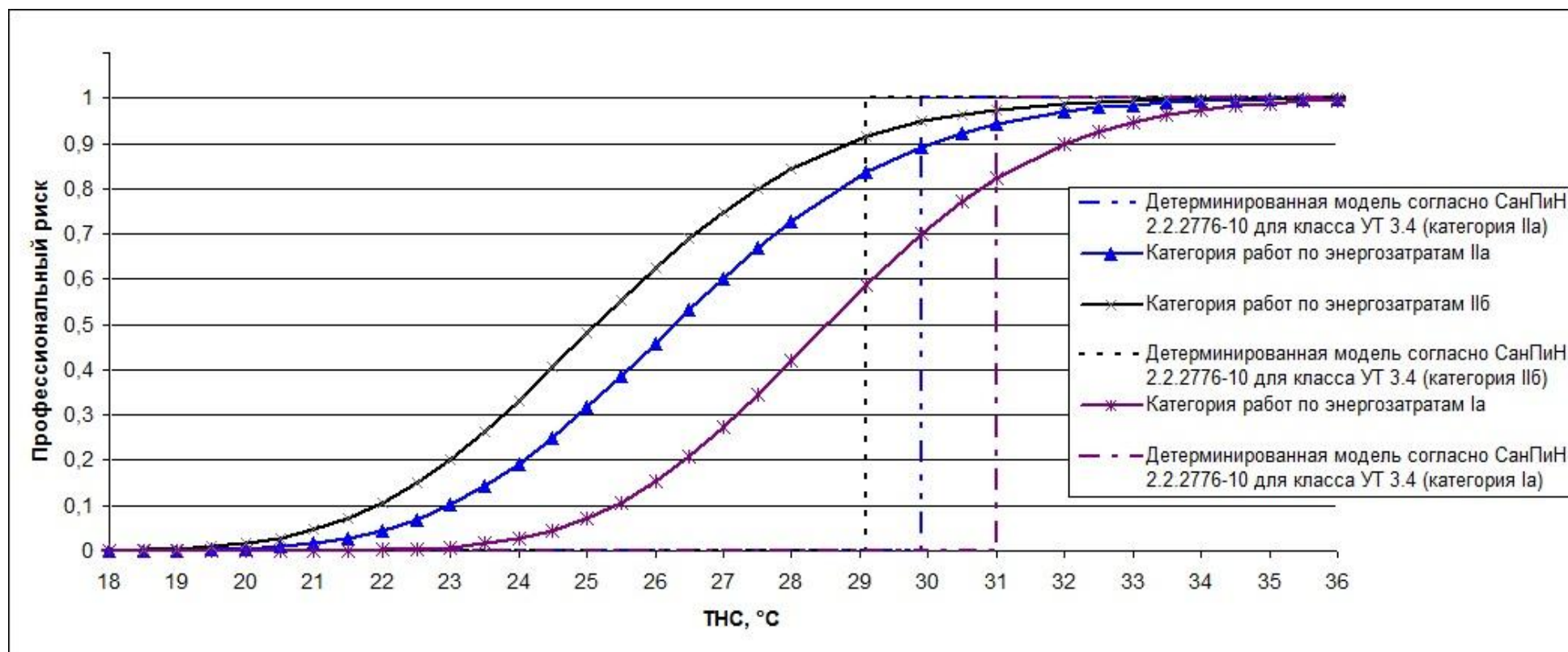


Рисунок 3.6 – Оценка «чрезвычайно высокого» риска перегрева работников (класс условий труда 3.4) при выполнении категорий работ по энергозатратам Ia, IIa, IIб

Полученные результаты могут быть использованы для оценки профессиональных рисков перегревания работников, выполняющих горные работы в выработках, в которых значения скорости движения воздуха не превышают 0,6 м/с. Для тех рабочих зон, которые располагаются в выработках со скоростями движения воздуха свыше 0,6 м/с, в качестве дозы негативного воздействия следует, строго говоря, принимать значения эффективной температуры (ЕТ) в течение часового воздействия, при неизменном критерии «поражения» - количестве накопленного тепла в организме работника ΔQ свыше 4,0 кДж/кг.

Однако, как в отечественной, так и в зарубежной литературе, практически отсутствуют данные медико-биологических исследований зависимости накопления тепла в организме одетого в спецодежду человека от эффективной температуры. В этой связи, для оценки профессиональных рисков в горных выработках нефтяных шахт, в которых скорость движения воздуха превышает 0,6 м/с, был предложен следующий подход.

Определялась взаимосвязь между показателями ЕТ и ТНС-индекса с точки зрения накопления тепла в организме человека. Для этого на основе натурных измерений в горных выработках нефтяных шахт Ярегского месторождения был получен ряд фактических значений ТНС-индекса и рассчитывались соответствующие им значения накопления тепла в организме человека $\Delta Q_{т.с.}$.

Пользуясь номограммой, приведенной на рисунке 2.3, определялись значения эффективной температуры ЕТ при скорости движения воздуха 0 м/с, которые обуславливали такие же значения накопления тепла в организме человека, что и соответствующие значения ТНС-индекса. В результате был получен график, позволяющий осуществлять переход от значений ЕТ к значениям ТНС-индекса применительно к работникам, при выполнении ими работ категории Ia по энергозатратам и одетым в спецодежду с показателем $clo = 1$ (рисунок 3.7)

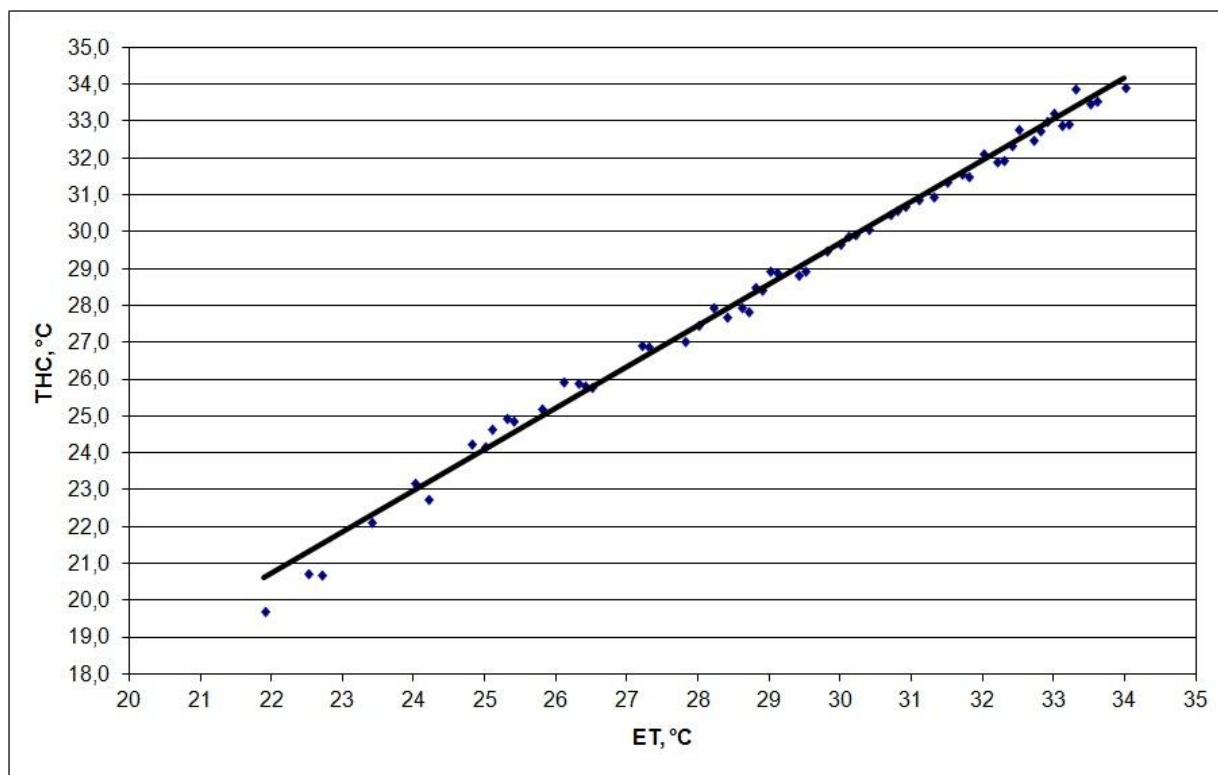


Рисунок 3.7 – График для определения значений THC-индекса по значениям эффективной температуры ET.

С целью практического использования была получена линейная аппроксимация следующего вида:

$$THC = 1,12ET - 3,93, (R^2=0.99), \quad (3.16)$$

где ET – эффективная температура для работника, одетого в спецодежду ($clo = 1$), °C.

Согласно исследованиям НИИ Медицины труда Российской академии медицинских наук накопление тепла в теле человека и его балл теплоощущений связаны между собой линейной зависимостью [94]. Следовательно, с точностью, достаточной для инженерных расчетов, можно допустить, что при одинаковых значениях эффективной температуры накопление тепла в теле работника при низких энергозатратах в производственных условиях будет тоже одинаковым. Таким образом, для оценки профессиональных рисков, обусловленных нагревающим микроклиматом, для категории работ по тяжести труда Ia можно использовать значения ET при разных скоростях движения воздуха, подставляя их в формулу (3.16), затем определяя THC-индекс и далее – уровень

профессионального риска для категории работ по тяжести труда Ia, используя рис. 3.6 или выражение (3.11).

Предложенный подход позволяет, выполнив переход от ЕТ к ТНС-индексу, оценивать профессиональные риски «очень сильного» перегрева (класс условий труда 3.4) работников для категории работ по тяжести труда Ia. Однако, в силу отмеченного выше дефицита данных медико-биологических исследований накопления тепла в организме работников для категорий работ IIa, IIб и для скоростей движения воздуха свыше 0,6 м/с, предложенный подход позволяет определить, на какое значение необходимо снизить ТНС-индекс (или эффективную температуру), чтобы значения риска для категорий работ по тяжести IIa, IIб не превышал заданного значения риска для категории работ по тяжести Ia. Для условий производства это позволяет обосновать степень необходимого снижения ТНС-индекса или эффективной температуры для категорий работ по тяжести IIa, IIб.

Таким образом, разработанный метод позволяет проводить оценку профессиональных рисков перегревания работников нефтяных шахт как непрерывной функции ТНС-индекса в диапазоне скоростей движения воздуха, наиболее характерном для горных выработок нефтяных шахт.

3.5 Выводы по главе 3

1. Количество образующегося в теле человека и отводимого от него тепла определяется совокупностью термодинамических и аэрологических параметров окружающей воздушной среды (температура, влажность, влагосодержание, энтальпия и скорость движения воздуха), состоянием кожного покрова (температура поверхности кожи и количество испаряющейся с нее влаги), нагрузкой на опорно-двигательный аппарат и центральную нервную систему, характеризуемой определенной категорией энергозатрат.

2. В качестве основного интегрального параметра, характеризующего степень негативного воздействия нагревающего микроклимата на организм работника, предлагается использовать ТНС-индекс, а в качестве критерия теплового «поражения» рекомендуется учитывать количество накопленного тепла в организме человека свыше 4,0 кДж/кг, которое характеризуется очень сильным напряжением реакций терморегуляции и соответствует «чрезвычайно высокому» риску перегрева организма и классу условий труда 3.4.

3. На основании данных проведенного анализа и математической обработки результатов медико-биологических исследований воздействия нагревающего микроклимата на работников-мужчин обосновано применение пробит-функции для оценки профессионального риска, обусловленного нагревающим микроклиматом, в горных выработках нефтяных шахт.

4. Разработаны и верифицированы пробит-модели оценки профессиональных рисков, обусловленных нагревающим микроклиматом, для категорий работ по энергозатратам Ia, IIa, IIб, характерных для горных работ, выполняемых на нефтяных шахтах. Метод позволяет проводить оценку профессиональных рисков перегрева работников нефтяных шахт как непрерывной функции ТНС-индекса в диапазоне скоростей движения воздуха, наиболее характерном для горных выработок нефтяных шахт.

5. Для оценки профессиональных рисков в горных выработках нефтяных шахт, в которых скорость движения воздуха превышает 0,6 м/с, был предложен

подход, основанный на переходе от значений эффективной температуры E_T к значениям ТНС-индекса, которые обуславливают такие же значения накопления тепла в организме человека. Это позволяет проводить оценку рисков перегревания работников в производственных условиях для скоростей движения воздуха свыше 0,6 м/с и обосновывать степень необходимого снижения эффективной температуры при выборе мероприятий по уменьшению рисков.

ГЛАВА 4. ОБОСНОВАНИЕ ПОДХОДА К СНИЖЕНИЮ ЗНАЧЕНИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ НАГРЕВАЮЩИМ МИКРОКЛИМАТОМ

4.1 Результаты оценки профессиональных рисков по фактическим значениям ТНС-индекса в рабочих зонах горных выработок.

Для целей экспериментальной апробации разработанных моделей в горных выработках нефтяной шахты №3 Ярегского месторождения были проведены измерения ТНС-индекса и проведена оценка профессиональных рисков перегревания работников. Для измерения температур применялся термогигрометр с расчётом ТНС-индекса ТКА-ПКМ(24), для измерения скорости движения воздуха – анемометр ТКА-ПКМ(50). Данные средства измерений, прошедшие поверку, соответствовали обязательным метрологическим требованиям [119] к измерениям, относящимся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений и производимым при выполнении работ по обеспечению безопасных условий и охраны труда (в том числе по показателям точности измерения).

Измерения параметров микроклимата проводились в ходе осуществления штатных производственных процессов в рабочих зонах насосных камер уклонных блоков нефтяной шахты №3 (рисунок 4.1); при проведении измерений применялась методика измерений, приведенная в СанПиН 2.2.4.548-96. Поскольку горные работы выполнялись работниками стоя, ТНС-индекс и скорость движения воздуха определялись на высоте 0,1 и 1,5 м. В каждой серии определений ТНС-индекса и измерений скорости движения воздуха проводилось не менее 3-х замеров и определялись средние значения параметров. Во всех точках измерений скорость движения воздуха не превышала 0,6 м/с.

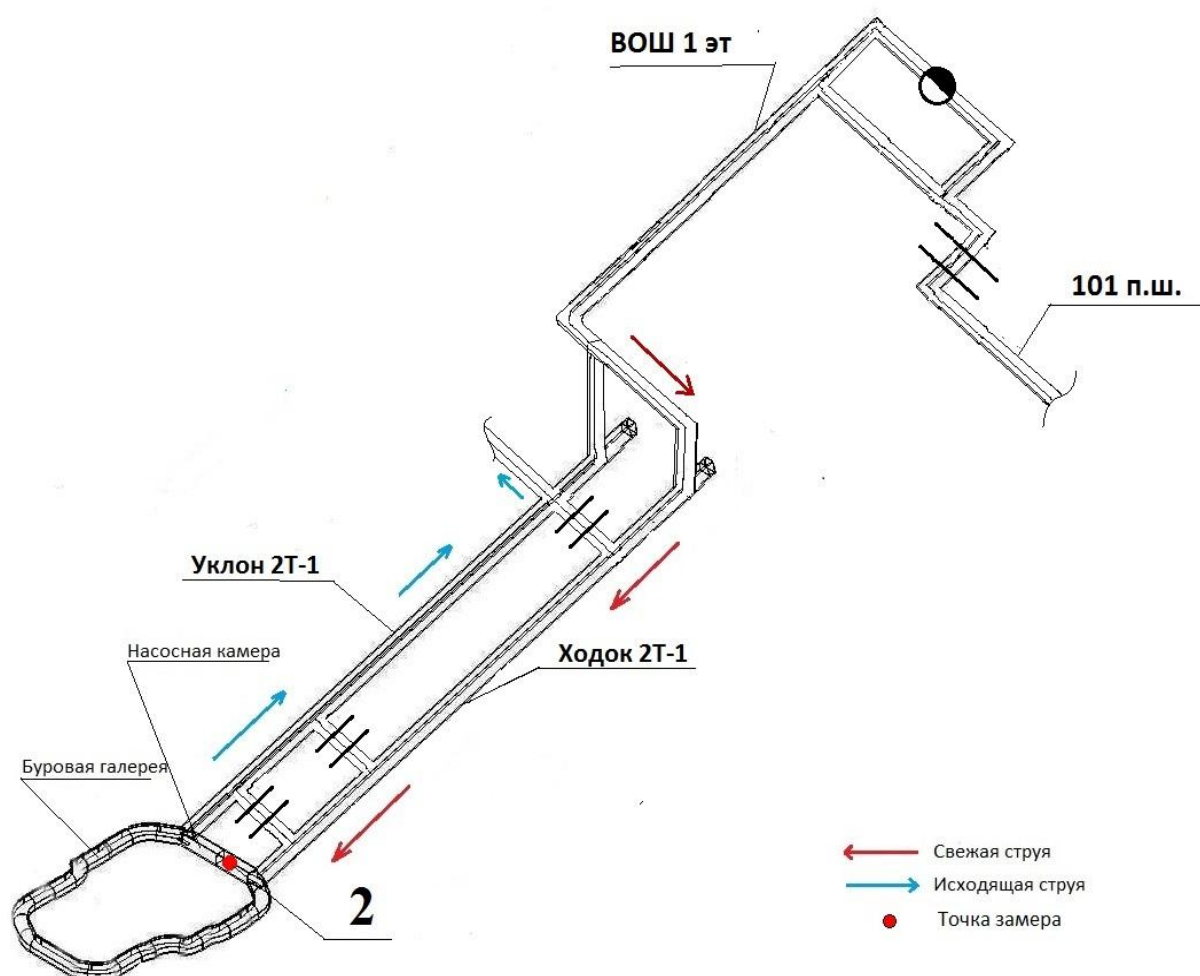


Рисунок 4.1 – Пример выбора точки измерений параметров микроклимата в насосной камере уклонного блока 2Т-1

В таблице 4.1 приведены результаты измерений (средние значения) скорости движения воздуха, рассчитанные по результатам измерений температур значения ТНС-индекса в насосных камерах уклонных блоков нефтяной шахты № 3. Значения пробит-функций определялись по выражениям (3.12) и (3.13) для категорий работ по энергозатратам Па, Пб, характерных для рабочих специальностей. Значения профессиональных рисков перегревания работников определялись методом численного интегрирования.

Таблица 4.1 – Результаты определения ТНС-индекса и оценки профессиональных рисков в насосных камерах уклонных блоков нефтяной шахты № 3.

Номер точки замера	Место измерений	Скорость воздуха, м/с	ТНС, °С	Значение профессионального риска для категорий работ по энергозатратам	
				Па	Пб
1	Насосная камера укл. 3Т-1	0,5	23,1	0,11	0,21
2	Насосная камера укл. 2Т-1	0,2	24,5	0,25	0,41
3	Насосная камера укл. 4Т-2	0,1	25,3	0,36	0,52
4	Насосная камера укл. 4Т-4	0,3	26,1	0,47	0,64
5	Насосная камера укл. 1Т-1	0,1	27,2	0,63	0,77

Следует отметить, что, несмотря на относительную схожесть выполняемых технологических операций в уклонных блоках нефтяной шахты № 3, значения профессиональных рисков перегрева имеют значительный разброс - от 0,11-0,21 (для насосной камеры уклона 3Т-1) до 0,67-0,77 (для насосной камеры уклона 1Т-1). Для последнего случая совершенно очевидны значения высокого профессионального риска, требующего мероприятий по его снижению. На рисунке 4.2 приведены результаты оценки рисков в виде эмпирических зависимостей от уровня ТНС-индекса.

Из рисунка 4.2 следует, в частности, что изменение категории выполняемых работ по энергозатратам с Пб до Па (т.е. по сути снижение степени тяжести выполняемых горных работ), позволяет снизить значения риска перегрева на 0,1-0,18, и может рассматриваться либо как основная мера, (если не требуется существенного снижения значения риска), либо как дополнительная мера к техническим мероприятиям по снижению уровня ТНС-индекса в рабочих зонах и/или к организационным мероприятиям, связанным с уменьшением времени пребывания в рабочих зонах высокого риска.

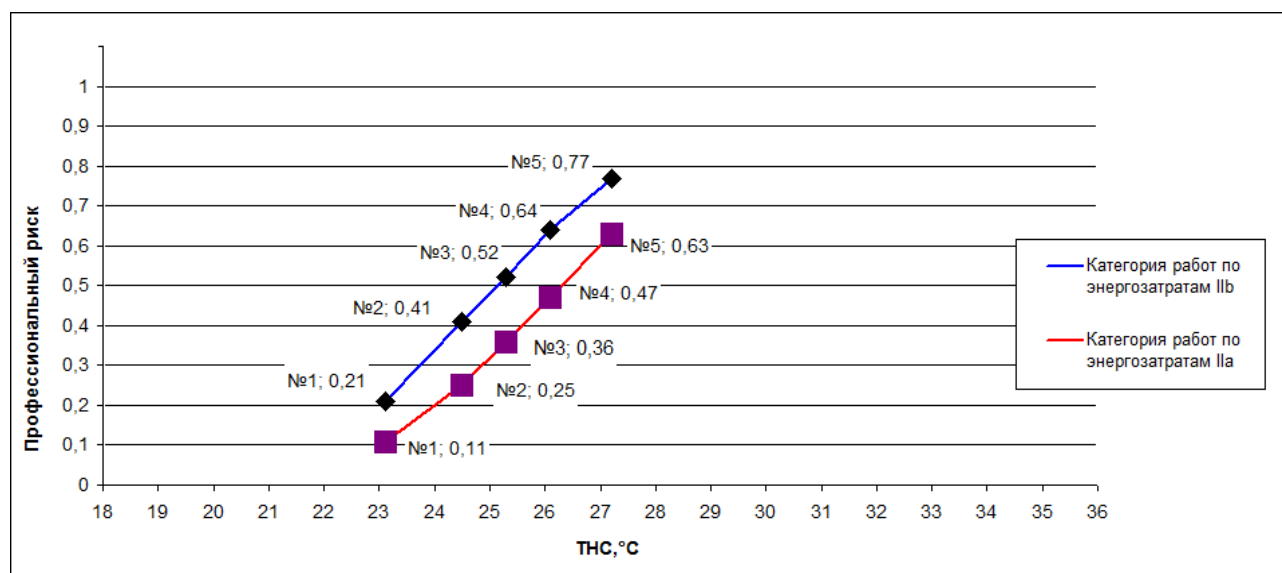


Рисунок 4.2 – Зависимости значений профессионального риска от уровня ТНС-индекса для категорий работ по энергозатратам IIа, IIб.

В ходе практического использования в условиях производства данного метода оценки рисков и определения необходимого снижения значений рисков, применение численного интегрирования может встретить определенные трудности вычислительного характера. В этой связи, с точностью, достаточной для практических приложений, можно воспользоваться данными таблицы 4.2, полученной из таблицы соотношения вероятностей и значений пробит-функции [120].

Первый столбец и первая строка таблицы 4.2 представляют собой массивы десятых и сотых долей значения риска, соответственно; значения пробит-функции приведены в ячейках таблицы. Определенному значению пробит-функции соответствует значение риска R , вычисляемое как сумма соответствующих десятых и сотых долей по строке и столбцу, на пересечении которых находится значение пробит-функции.

Таблица 4.2 – Профессиональный риск перегрева R и значения пробит-функции

R	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0		-2,33	-2,05	-1,88	-1,75	-1,64	-1,55	-1,48	-1,41	-1,34
0,1	-1,28	-1,23	-1,17	-1,13	-1,08	-1,04	-0,99	-0,95	-0,92	-0,88
0,2	-0,84	-0,81	-0,77	-0,74	-0,71	-0,67	-0,64	-0,61	-0,58	-0,55
0,3	-0,52	-0,50	-0,47	-0,44	-0,41	-0,39	-0,36	-0,33	-0,31	-0,28
0,4	-0,25	-0,23	-0,20	-0,18	-0,15	-0,13	-0,10	-0,08	-0,05	-0,03
0,5	0,00	0,03	0,05	0,08	0,10	0,13	0,15	0,18	0,20	0,23
0,6	0,25	0,28	0,31	0,33	0,36	0,39	0,41	0,44	0,47	0,50
0,7	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,67	0,71	0,74	0,77	0,81
0,8	0,84	0,88	0,92	0,95	0,99	1,04	1,08	1,13	1,17	1,23
0,9	1,28	1,34	1,41	1,48	1,55	1,64	1,75	1,88	2,05	2,33

4.2. Определение необходимого снижения ТНС-индекса

Задача уменьшения значений профессионального риска перегрева работников представляет собой сложную задачу, решение которой в производственных условиях может представлять собой комплекс организационных и технических мероприятий [121, 122, 123]. Область применения данных мероприятий естественным образом ограничивается спецификой технологических процессов в горных выработках нефтяных шахт и возможностью реализуемости мероприятий в условиях стесненного пространства и агрессивной химической среды горных выработок.

При обосновании и выборе мероприятий по уменьшению значений риска, по сути, приходится решать обратную задачу – задаваясь желаемым значением риска после осуществления мероприятий R_0 (в научной литературе и стандартах встречается термин «остаточный риск»), необходимо определить степень необходимого снижения ТНС-индекса, которое позволит добиться значения R_0 . Необходимо отметить, что для условий ведения горных работ в нефтяных шахтах задача снижения R_0 до значений, близких к нулю, может быть решена лишь для очень ограниченного перечня рабочих зон, расположенных по ходу свежей струи, и в которых отсутствуют источники излучений от нагретых поверхностей.

Общий вид аналитического выражения для определения ТНС-индекса, при котором обеспечивается значение риска перегрева не более R_0 , представлен формулой (4.1):

$$THC_0 = \exp\left[\frac{Pr(R_0) - a}{b}\right], \quad ^\circ\text{C}, \quad (4.1)$$

где THC_0 – значение ТНС-индекса при котором риск не превысит значения R_0 , $^\circ\text{C}$; $Pr(R_0)$ – значение пробит-функции, соответствующее заданному значению риска R_0 , и определяемое по таблице 4.2.

Коэффициенты пробит-моделей a и b , входящие в формулу (4.1), определяются по таблице 4.3 в зависимости от категории выполняемых работ по энергозатратам.

Таблица 4.3 – Коэффициенты a и b для различных категорий работ по энергозатратам

Категория работ по энергозатратам	a	b
Ia	– 37,23	11,112
IIa	– 31,299	9,575
IIb	– 30,198	9,366

Необходимое снижение ТНС-индекса (ΔTHC) определяется по формуле (4.2):

$$\Delta THC = THC - THC_0, \quad ^\circ\text{C}, \quad (4.2)$$

где THC обозначает значение ТНС-индекса до проведения мероприятий по снижению риска, $^\circ\text{C}$.

Другим методом определения необходимого снижения ТНС индекса может быть графический, использующий полученные ранее зависимости профессионального риска перегревания от значений ТНС-индекса.

Рассмотрим пример использования аналитических выражений (4.1) и (4.2) и графического метода. По результатам измерений в рабочей зоне горной выработки скорость движения воздуха составила 0,3 м/с, а значение ТНС-индекса

составило 28,7 °С. Работник выполнял горные работы категории IIa по энергозатратам. Значение профессионального риска перегрева составило 0,80. Требовалось определить значение ТНС-индекса, при котором значение риска перегрева работника не превысило бы 0,1.

Используя данные таблицы 4.2, и проводя расчеты по формулам (4.1) и (4.2), получаем значения: $T_{НС0} = 23,07\text{ °С}$; $\Delta T_{НС} = 5,62\text{ °С}$.

Используя графический метод (рисунок 4.3) получаем значения $T_{НС0} = 23,1\text{ °С}$; $\Delta T_{НС} = 5,6\text{ °С}$.

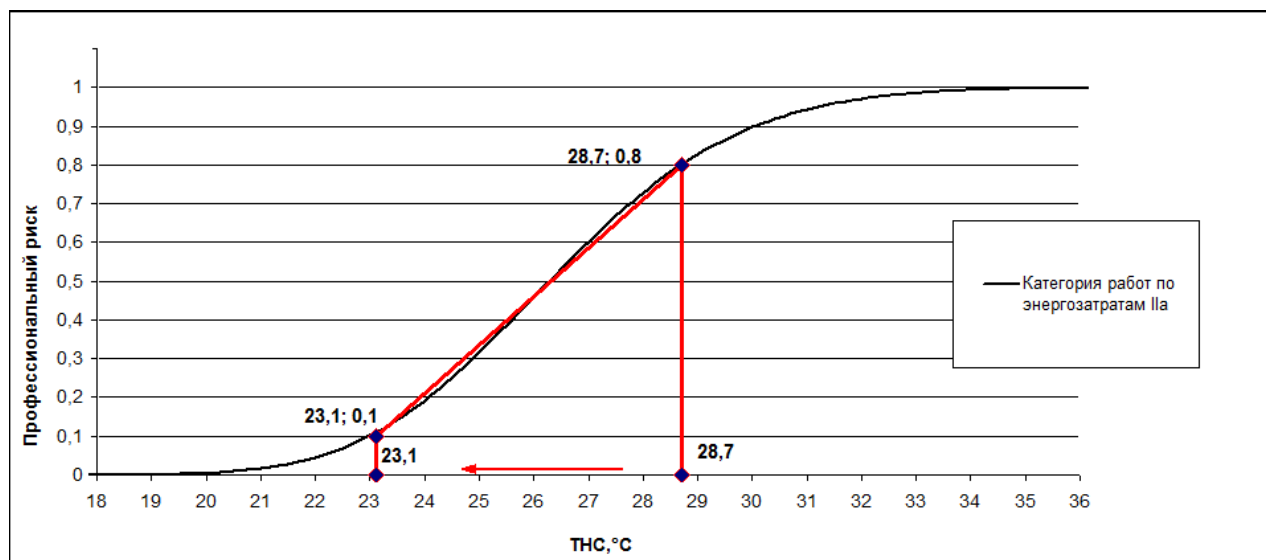


Рисунок 4.3 – Пример определения необходимого снижения ТНС-индекса графическим методом

Таким образом, можно заключить, что графический метод, обладая наглядностью, обеспечивает достаточную точность определения необходимого снижения ТНС-индекса и может быть рекомендован для использования службами охраны труда в практической деятельности.

Если рассматривать нахождение работника в данных микроклиматических условиях постоянно в течение рабочей смены, то очевидным и практически единственным подходом к уменьшению значений профессионального риска перегрева является снижение ТНС-индекса за счет применения технических мероприятий (теплоизоляция нагретых поверхностей, являющихся источником теплового излучения, применение установок местного кондиционирования воздуха, организация дополнительного проветривания участков горных

выработок), либо применение средств индивидуальной защиты от повышенных температур.

4.3 Определение необходимого снижения эффективной температуры

Для рабочих зон горных выработок, в которых отсутствуют источники излучений тепла, и скорость движения воздуха превышает 0,6 м/с, необходимо снижать эффективную температуру (ЕТ). Как отмечалось в главе 3, в научной литературе, посвященной вопросам оценки нагревающего микроклимата на человека, практически не встречаются данные о зависимостях накопления тепла в организме одетого в специальную одежду человека, от значений эффективной температуры, поэтому для оценки рисков перегрева был применен описанный в главе 3 подход, основанный на переходе к значениям ТНС-индекса, обуславливающим такое же накопление тепла в организме человека, что и значения ЕТ.

Последовательность оценки профессиональных рисков была следующая:

1. Проводились измерения температур по «сухому» термометру, «влажному» термометру», измерения скорости движения воздуха.
2. Используя номограмму (рисунок 2.3), определялось значение эффективной температуры ЕТ.
3. По выражению (3.16) определялось значение ТНС-индекса, обуславливающее такое же накопление тепла в организме человека, что и значение ЕТ.
4. Определялись значения пробит-функции для соответствующих категорий работ по энергозатратам, а затем, применяя численное интегрирование или используя данные таблицы 4.2, определялось значение профессионального риска перегревания **R**.

При обосновании и выборе мероприятий по уменьшению значений риска, как и ранее, приходится решать обратную задачу – задаваясь желаемым значением риска после осуществления мероприятий **R₀**, необходимо определить степень необходимого снижения эффективной температуры, которое позволит

добиться значения R_0 . Для определения эффективной температуры, при которой обеспечивается значение риска перегрева не более R_0 , формула (4.1) была изменена с учетом выражения (3.16) и приведена к виду:

$$ET_0 = 0.89 \exp \left[\frac{Pr(R_0) - a}{b} \right] + 3,5, \quad ^\circ\text{C}, \quad (4.3)$$

где ET_0 – значение эффективной температуры при котором риск не превысит значения R_0 , $^\circ\text{C}$; $Pr(R_0)$ – значение пробит-функции, соответствующее заданному значению риска R_0 , и определяемое по таблице 4.2; a и b – коэффициенты пробит-моделей, определяемые по таблице 4.3 в зависимости от категории выполняемых работ по энергозатратам.

Необходимое снижение эффективной температуры (ΔET) определяется по формуле (4.4):

$$\Delta ET = ET - ET_0, \quad ^\circ\text{C}, \quad (4.4)$$

где ET обозначает значение эффективной температуры до проведения мероприятий по снижению риска, $^\circ\text{C}$.

Рассмотрим пример использования аналитических выражений (4.3), (4.4) и, графического метода в определении необходимого снижения эффективной температуры.

В рабочей зоне температура воздуха по влажному термометру составила 29°C , по сухому термометру 34°C , скорость движения воздуха 2 м/с. В данной рабочей зоне выполняются работы категорий Ia и IIb по энергозатратам.

По номограмме (рисунок 2.3) было найдено значение эффективной температуры, которое составило $29,6^\circ\text{C}$. Используя выражение (3.16), было рассчитано значение ТНС-индекса, которое составило $29,2^\circ\text{C}$.

Полученное значение ТНС-индекса было использовано для расчета значений пробит-функций; далее, по таблице 4.2 определялись значения профессионального риска перегревания работника для категорий работ по энергозатратам Ia и IIb. Значения риска составили 0,6 и 0,91, соответственно.

Задаваясь значением риска после проведения необходимых мероприятий $R_0 = 0,1$, было определены значения ET_0 и ΔET для категорий работ по энергозатратам Ia и IIб. Результаты расчета сведены в таблицу 4.4.

Таблица 4.4 – Необходимое снижение эффективной температуры

Категория работ по энергозатратам	$ET, ^\circ C$	$ET_0, ^\circ C$	$\Delta ET, ^\circ C$
Ia	29,6	26,1	3,5
IIб	29,6	23,0	6,6

На рисунке 4.4 проиллюстрировано применение графического метода с использованием зависимостей профессионального риска от значений ТНС-индекса для рассматриваемой ситуации.

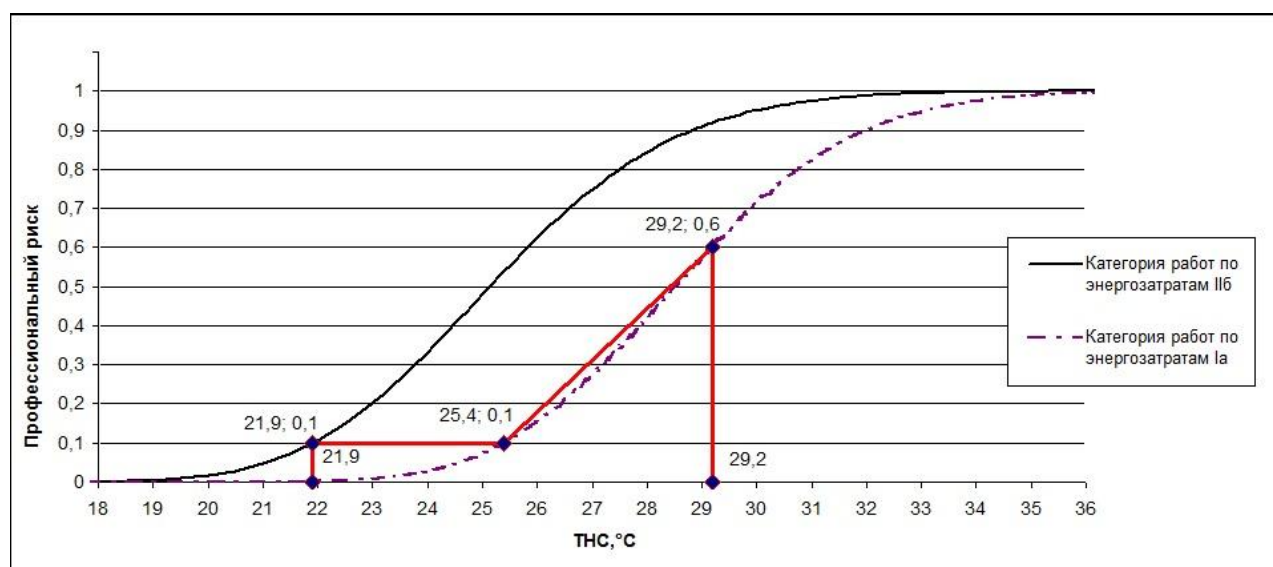


Рисунок 4.4 – Пример определения необходимого снижения ТНС-индекса графическим методом

Использование графического метода при определении необходимого снижения эффективной температуры предполагает вначале определение значений TNC_0 для категорий работ по энергозатратам Ia и IIб, а затем нахождение значений ET_0 , используя выражение (4.5), которое получается из (10) путем несложных преобразований:

$$ET_0 = 0,89 \times TNC_0 + 3,5, \quad ^\circ C. \quad (4.5)$$

Необходимое снижение эффективной температуры ΔET определяется по формуле (4.4).

Использование графического метода приводит к таким же значениям ΔET , какие были получены путем расчета по аналитическим выражениям (4.3) и (4.4).

Как и в примере, приведенном в п.4.2, графический метод, обладая наглядностью, может быть рекомендован для использования службами охраны труда в практической деятельности, но в этом случае дополнительно требуется использование формул (4.4), (4.5) для обратного перехода от значений ТНС-индекса к значениями эффективной температуры.

Остановливаясь на выборе мероприятий по уменьшению значений профессионального риска перегревания в рабочих зонах со скоростями воздуха свыше 0,6 м/с, следует отметить (дополнительно к отмеченным выше мероприятиям) еще одну возможность, которая следует из номограммы, приведенной на рисунке 2.3 и из полученных экспериментальных зависимостей эффективной температуры от скорости движения воздуха (рисунок 2.5).

В ряде исследований отмечалось, что скорость движения воздуха влияет на конвекционный теплообмен и, таким образом, на эффективную температуру [74, 79]. Таким образом, увеличение скорости движения воздуха в горных выработках, приводит к снижению эффективной температуры и, следовательно, к уменьшению значений профессиональных рисков.

В качестве примера рассмотрим результаты оценки рисков перегревания в рабочей зоне, температура воздуха по влажному термометру в которой составила 29 °С, по сухому термометру 34 °С. Значения скоростей движения воздуха варьировались от 1 м/с до максимального значения, определенного правилами безопасности – 6 м/с для наиболее общих типов горных выработок [31]). Категория выполняемых работ по энергозатратам – Пб. Результаты оценки сведены в таблицу 4.5.

Таблица 4.5 – Значения эффективной температуры и профессиональных рисков при различных скоростях движения воздуха в горных выработках нефтяных шахт

Скорость движения воздуха, м/с	ET, °C	Pr	R
1	30,0	1,55	0,94
2	29,6	1,41	0,92
3	28,2	0,89	0,81
6	26,7	0,31	0,62

Из приведенных оценок следует, что увеличение скорости движения воздуха при неизменных температуре и влажности в рабочих зонах позволяет уменьшить значения профессиональных рисков.

4.4 Выводы по главе 4

1. Предлагаемый подход к снижению значений профессиональных рисков, обусловленных нагревающим микроклиматом, основывается на выборе организационных и/или технических мероприятий, реализация которых приводит к снижению ТНС-индекса или эффективной температуры, обеспечивающих минимально значение профессионального риска, достижимое в условиях проведения горных работ в нефтяных шахтах.

2. Определение необходимого снижения ТНС-индекса и эффективной температуры, обеспечивающих заданное значение профессионального риска, может осуществляться как аналитическим методом, используя выражения (4.1), (4.2) (4.3), (4.4), так и графическим методом. Последний метод наиболее прост в использовании при осуществлении практической деятельности служб охраны труда.

3. Увеличение скорости движения воздуха в горных выработках (в разрешенных правилами безопасности пределах) приводит (за счет усиления

конвекционного теплообмена человека с окружающей средой) к снижению эффективной температуры и к уменьшению значений профессиональных рисков.

4. Снижение уровня профессионального риска может быть достигнуто комплексом как организационных (изменение режимов труда и отдыха, снижение степени тяжести трудового процесса), так и технических (изменение режимов проветривания, теплоизоляцией источников излучения, применением установок местного кондиционирования) мероприятий, конкретный выбор которых осуществляется на основе необходимого уменьшения значений ТНС-индекса или эффективной температуры в рабочих зонах горных выработок нефтяных шахт, а также с учетом реализуемости мероприятий в условиях производства.

Заключение

Основные научные и практические результаты, полученные в процессе выполнения диссертационной работы, заключаются в следующем:

1. Проведен анализ существующих методов оценки профессиональных рисков в рамках современных систем управления охраной труда, в ходе которого выявлена необходимость совершенствования методов оценки профессионального риска, обусловленного нагревающим микроклиматом, при ведении горных работ на нефтяных шахтах.

2. Проведен анализ и математическая обработка результатов медико-биологических исследований воздействия нагревающего микроклимата на работников-мужчин, в результате которого обосновано использование пробит-функции для оценки профессионального риска, обусловленного нагревающим микроклиматом, в горных выработках нефтяных шахт.

3. Обосновано использование ТНС-индекса и эффективной температуры а также определены области их применения для оценки профессиональных рисков, обусловленных нагревающим микроклиматом, в горных выработках нефтяных шахт.

4. Разработаны пробит-модели оценки профессиональных рисков, обусловленных нагревающим микроклиматом, для категорий работ по

энергозатратам I_a , I_a , I_b , характерных для горных работ, выполняемых в нефтяных шахтах.

5. Проведена экспериментальная апробация математической модели для оценки профессиональных рисков перегревания работников, выполняющих горные работы в нефтяных шахтах.

6. Обоснован основанный на снижении ТНС-индекса или эффективной температуры подход к уменьшению значений профессионального риска, обусловленного нагревающим микроклиматом; данный подход рекомендуется для использования службами охраны труда.

Список литературы

1. Макаревич, В. Н. Ресурсный потенциал месторождений тяжелых нефтей Европейской части Российской Федерации [Текст] / В.Н. Макаревич, Н.И. Истрицкая, С.А. Богословский // Нефтегазовая геология: теория и практика. – 2012. – Т.7. – №3. – С. 1-16.
2. Коноплев, Ю.П. Термошахтная разработка нефтяных месторождений [Текст] / Ю.П. Коноплев. – Москва: Недра, 2006. – 288 с.
3. Гуляев, В.Э. Анализ технологических показателей систем термошахтной разработки Ярегского нефтяного месторождения [Текст] / В.Э. Гуляев, Ю.П. Коноплев, И.В. Герасимов // Проблемы разработки и эксплуатации месторождений высоковязких нефтей и битумов: материалы межрегиональной научно-технической конференции. – Ухта: УГТУ, 2011. - С. 12-18.
4. Истрицкая, Н.И. Зарубежный опыт практического освоения запасов тяжелых высоковязких нефтей и природных битумов [Текст] / Н.И. Истрицкая // Комплексное изучение и освоение сырьевой базы нефти и газа Севера европейской части России: сборник материалов научно-практической конференции». – Санкт-Петербург: ВНИГРИ, 2012. – С. 271-276.
5. Николин, И.В. Методы разработки тяжелых нефтей и природных битумов [Текст] / И.В. Николин // Наука – фундамент решения технологических проблем развития России. – 2007. – №2. – С. 54-68.
6. Закс, С.Л. Основы горного дела и шахтной добычи нефти [Текст] / С.Л. Закс. – Москва: Гостоптехиздат, 1954. – 358 с.
7. Мамедов, Ш.Н. Шахтная разработка нефтяных месторождений [Текст] / Ш.Н. Мамедв. – Баку: Азнефтеиздат, 1956. – 126 с.
8. Коноплев, Ю.П. Ярегское месторождение – 70 лет открытию и 30 лет термошахтной разработке [Текст] / Ю.П. Коноплев, Б.А. Тюнькин, Л.Г. Груцкий, В.В. Питиримов // Нефтяное хозяйство. – 2002. – № 12. – С. 59-60.

9. Боксерман, А.А. Перспективы шахтной и термошахтной разработки нефтяных месторождений [Текст] / А.А. Боксерман, Ю.П. Коноплев, Б.А. Тюнькин, С. В. Морозов // Нефтяное хозяйство. – 2003. – № 11. – С. 42-45.

10. Коноплев, Ю.П. Первые результаты подземно-поверхностной системы термошахтной разработки [Текст] / Ю.П. Коноплев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2003. – № 1. – С. 38 - 40.

11. Золотухин, А.Б. Проектирование разработки нефтяных месторождений с применением внутрипластового горения [Текст] / А.Б. Золотухин. – М.: МИНГ, 1986. – 73 с.

12. Байбаков, Н.К. Тепловые методы разработки нефтяных месторождений [Текст] / Н.К. Байбаков, А.Р. Гарушев. – М.: Недра, 1988. – 343 с.

13. Бурже, Ж.П. Термические методы повышения нефтеотдачи пластов [Текст] / Ж. П. Бурже, М. Сурио, М. Комбарну. – М.: Недра, 1988. – 424 с.

14. Герасимов, И.В. Комплексное развитие Ярегского нефтетитанового месторождения [Текст] / И.В. Герасимов, Ю.П. Коноплев, В.Э. Гуляев // Территория Нефтегаз. – 2011. – №11. – С. 26-31.

15. Герасимов, И.В. Большое будущее Яреги. О комплексном развитии Ярегского нефтетитанового месторождения [Текст] / И. В. Герасимов // Регион. – 2012. – № 9. – С. 7-10.

16. Коноплев, Ю.П. Опыт и перспективы развития термошахтной разработки Ярегского месторождения высоковязкой нефти [Текст] / Ю.П. Коноплев, А.А. Алабумкин, В.Э. Гуляев // Высоковязкие нефти и природные битумы: материалы международной научно-практической конференции. – Казань: Изд-во ФЭН, 2012. – С. 74-77.

17. Калинина, А.А. Геолого-экономическая оценка комплексного использования Ярегской тяжелой нефти [Текст] / А.А. Калинина, Е.П. Калинин // Известия Коми научного центра УрО РАН. Вып. 3(15). – Сыктывкар, 2013. – С. 110-117.

18. Дуркин, С.М. Результаты внедрения термошахтной технологии на Ярегском месторождении [Текст] / С.М. Дуркин, О.А. Морозюк, Л.М. Рузин, Д.В. Полишвайко // Технологии нефти и газа. – 2017. – № 5 (112). – С. 29-33.

19. Основные тенденции развития мирового рынка нефти до 2030 года [Электронный ресурс] / ЛУКОЙЛ: нефтяная компания. – Режим доступа: <http://www.lukoil.ru/FileSystem/PressCenter/84523.pdf> (дата обращения: 02.03.2018).

20. World Energy Outlook 2015 [Electronic resource] / International Energy Agency. – Paris, France, 2015. – 718p. – Mode of access: <https://webstore.iea.org/world-energy-outlook-2015> (date of circulation: 02.03.2018).

21. Грунсков, Т.В. Анализ и оценка профессиональных заболеваний подземного персонала на нефтешахтах Ярегского месторождения [Электронный ресурс] / Т.В. Грунсков, В.П. Перхуткин, А.Г. Бердник // Нефтегазовое дело: электрон. науч. журн. – 2017. – №3. – С. 128-144. – Режим доступа: <http://docplayer.ru/55121136-Analiz-i-ocenka-professionalnyh-zabolevaniy-podzemnogo-personala-na-neftshahtah-yaregskogo-mestorozhdeniya.html> (дата обращения: 06.03.2018)

22. Дуркин, С.М. Применение численного моделирования при прогнозировании технологических показателей разработки шахтного блока Ярегского месторождения [Текст] / С.М. Дуркин, И.Н. Меньшикова, О.А. Морозюк, Л.М. Рузин // Технологии нефти и газа. – 2016. – № 5 (106). – С. 43-46

23. Анализ и управление риском: теория и практика [Текст] / Страховая группа «ЛУКОЙЛ». – Москва, 2016. – 186 с.

24. Климова, И.В. Развитие методов оценки профессиональных рисков по химическому фактору, по фактору нагревающего микроклимата при ведении горных работ на нефтяных шахтах [Текст] / И.В. Климова, И.С. Степанов // Горный информационно-аналитический бюллетень : науч.-техн. журн. - 2017. - № 4 ; Спец. вып. 5-2. – С. 348-354.

25. Климова, И.В. Оценка профессиональных рисков от воздействия химического фактора, параметров нагревающего микроклимата при ведении

горных работ на нефтяных шахтах [Текст] / И.В. Климова, И.С. Степанов // Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI веке: III Международная научно-практическая конференция : тезисы докладов, (г. Санкт-Петербург, 20-21 окт. 2016). – Санкт-Петербург, 2016. – С. 136-137.

26. СТО ЛУКОЙЛ 1.6.6-2016 Система управления промышленной безопасностью, охраной труда и окружающей среды. Управление рисками и экологическими аспектами [Текст]. – Введ. 2016–05–17. – 66 с.

27. Грунковой, Т.В. Аналитический обзор условий труда подземного персонала нефтяных шахт Ярегского месторождения [Текст] / Т.В. Грунковой, В.П. Перхуткин, А.Г. Бердник // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2017. – Т. 16. № 4. – С. 378-390.

28. Цхадая, Н.Д. Комплексная оценка условий труда в нефтяных шахтах при паротепловом воздействии на пласт [Текст] / Н.Д. Цхадая. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГУ, 1997. – 120 с.

29. Термошахтная разработка нефтяных месторождений [Текст] / Ю.П. Конпле, В.Ф. Буслаев, Э. Х. Ягубов, Н.Д. Цхадая; под ред. Н.Д. Цхадая. – Москва: Недра-Бизнесцентр, 2006. — 288 с.

30. Цхадая, Н.Д. Нефтяная шахта: источники опасности и методы предотвращения аварийных ситуаций [Текст] / Н.Д. Цхадая // Безопасность труда в нефтяной промышленности. – 1998. – Вып. 12. – С. 48-49.

31. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при разработке нефтяных месторождений шахтным способом» [Электронный ресурс] : [действующий] // Техэксперт: проф. справ. системы. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420385052>, свободный.

32. Воропаев, А.Ф. Теория теплообмена рудничного воздуха и горных пород в глубоких шахтах [Текст] / А.Ф. Воропаев – Москва: Недра, 1966. - 462с.

33. Рудничная вентиляция: Справочник. [Текст]/ Гращенков Н.Ф., Петросян А.Э., Фролов М.А., Ушакова К.З. и др. – М: "Недра", 1988. – 440с.
34. Дядькин, Ю.Д. Тепловые процессы в горных выработках / Ю.Д. Дядькин, Ю.В. Шувалов, С.Г. Гендлер. – Л.: ЛГИ, 1978. – 104 с.
35. Панов, Г.Е. Охрана труда при разработке нефтяных и газовых месторождений [Текст] / Г.Е. Панов. – Москва: Недра, 1982. - 246с.
36. Нор, М.А. Источники нагревающего микроклимата при разработке месторождений высоковязких нефтей термошахтным способом [Текст] / М.А. Нор, Е.В. Нор, Н.Д. Цхадая // Записки Горного института. – 2017. – Т. 225. – С. 360-363.
37. Р 2.2.2006-05. 2.2. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда" [Электронный ресурс] : [действующий] : утв. Глав. гос. санитарным врачом РФ 29.07.2005 . – Введ. 2005–11–01 // Техэксперт: проф. справ. системы. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200040973>
38. МУК 4.3.2756-10. 4.3. Методы контроля. Физические факторы. Методические указания по измерению и оценке микроклимата производственных помещений [Электронный ресурс] : [действующий] : утв. Главным гос. санитарным врачом РФ. – Введ. 2010–11–12 // Техэксперт: проф. справ. системы. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200085911> (дата обращения: 06.03.2018)
39. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. 2.2.4. Физические факторы производственной среды [Электронный ресурс] : [действующий]. – Введ. 1996–10–01. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901704046> (дата обращения: 06.03.2018)
40. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 21.06.2016 N 81 "Об утверждении СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах" [Электронный ресурс] : [действующий]. – Введ. 2017–01–01 // Техэксперт: проф.

справ. системы. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420362948> (дата обращения: 06.03.2018)

41. Приказ Минтруда России от 24.01.2014 № 33н "Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению" [Электронный ресурс] : с изм. на 14 нояб. 2016г. : [действующий] // Техэксперт: проф. справ. системы. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499072756> (дата обращения: 06.03.2018)

42. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ [Электронный ресурс]: (ред. от 05.02.2018) // Техэксперт: проф. справ. системы. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901807664> (дата обращения: 06.03.2018)

43. Ажаев, А.Н. Физиолого-гигиенические аспекты действия высоких и низких температур [Текст] / А.Н. Ажаев. – Москва: Наука, 1979. – 260 с.

44. Чеботарёв, А.Г. Физиолого-гигиеническая оценка микроклимата на рабочих местах в шахтах и карьерах и меры профилактики его неблагоприятного воздействия [Текст] / А.Г. Чеботарёв, Р.Ф. Афанасьева // Горная промышленность. – 2012. – № 6. – С. 34-40.

45. Валуцина, В.М. Особенности формирования тепловых поражений у горнорабочих глубоких угольных шахт Донбасса [Текст] / В.М. Валуцина, Л.Н. Ткаченко, Е.А. Асланова // Медицина труда и промышленная экология. – 1996. – № 4. – С. 4-8.

46. Гигиенические основы профилактики неблагоприятного воздействия производственного микроклимата на организм человека [Текст]: сборник научных трудов НИИ гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР / под ред. Р.Ф. Афанасьевой. – Москва, 1992. – Вып. 43. – 226 с.

47. Суворов, Г.А. Микроклимат промышленных и гражданских зданий [Текст] / Г.А. Суворов, Р.Ф. Афанасьева, Ю.Д. Губернский; под ред. Н.Ф. Измерова. – Москва, 1999. – 187 с.

48. ГОСТ 12.4.176-89 «Одежда специальная для защиты от теплового излучения. Требования к защитным свойствам и метод определения теплового состояния человека» [Электронный ресурс] : [действующий]. – Дата введ.: 1990–01–01 // Техэксперт: проф. справ. системы. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200012779> (дата обращения: 06.03.2018)

49. Collins, K.J. Cold stress and cardiovascular reactions [Text] : Problems with Cold Work / Ed.I. Holmer, K. Kuklane // Arbetslivsinstitutet. – 1988. – №18. – Pp.166-171.

50. Holmer, I. Evaluation of thermal stress in cold regions – a strain assessment strategy [Text] : Problems with Cold Work / Ed.I. Holmer, K. Kuklane // Arbetslivsinstitutet. – 1988. – No. 18. – P.31-38.

51. Hunt, A.P. Symptoms of heat illness in surface mine workers [Text] / A.P. Hunt, A.W. Parker, I.B. Stewart // International Archives of Occupational and Environmental Health. – 2013. – № 85(5). – Pp. 519-527.

52. Тарасова, Л.А. Особенности формирования периферических нейрососудистых нарушений у проходчиков в условиях охлаждающего микроклимата [Текст] / Л.А. Тарасова, Л.М. Комлева, В.Н. Думкин, Т.К. Лосик // Медицина труда и пром. экология. – 1994. – № 12. – С. 14-17.

53. К обоснованию регламентации термической нагрузки среды на работающих в нагревающем микроклимате (на примере сталеплавильного производства) [Текст] / Р.Ф. Афанасьева [и др.]// Медицина труда и промышленная экология. 1997. № 2. – С. 30-34.

54. Афанасьева Р.Ф. Тепловая нагрузка среды и ее влияние на организм // Профессиональный риск для здоровья работников (Руководство) под ред. Н.Ф. Измерова, Э.И. Денисова – М., Тровант, 2003. -С. 149-156.

55. Рудаков, М.Л. Вопросы проведения анализа и оценки рисков возникновения аварий в организациях минерально-сырьевого комплекса [Текст] / М.Л. Рудаков, И.С. Степанов // Горный информационно-аналитический бюллетень : науч.-техн. журн. - 2015. - № 2; Спец. вып. 7. – С. 710-714.

56. Рудаков, М.Л. Практика проведения анализа и оценки рисков возникновения аварий в организациях минерально-сырьевого комплекса [Текст] / М.Л. Рудаков, И.С. Степанов // «Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI веке : II Международная научно-практическая конференция : тезисы докладов (г. Санкт-Петербург, 30-31 окт. 2014). – Санкт-Петербург, 2014. – С. 98-99.

57. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 «Менеджмент риска. Методы оценки риска» [Электронный ресурс] : [действующий]. – Введ. 2012–12–01 // Техэксперт: проф. справ. системы. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200090083> (дата обращения: 06.03.2018).

58. Степанов, И.С. Методы анализа и оценки рисков в системах управления охраной труда и промышленной безопасности [Текст] / И.С. Степанов // Горный информационно-аналитический бюллетень: науч.-техн. журн. – 2016. – №3 ; Спец. вып. 11. – С. 3-12.

59. Рудаков, М.Л. Оценка и управление рисками в современных системах управления охраной труда в организации [Текст] / М. Л. Рудаков. – СПб.: Свое издательство, 2014. – 120 с.

60. Vatanpour, S. Can public health risk assessment using risk matrices be misleading? [Text] / S. Vatanpour, S.E. Hrudey, I. Dinu // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2015. – № 12. – pp.9575-9588.

61. Р 2.2.1766-03 Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки. Руководство (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 24.06.2003). М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 24 с.

62. Степанов, И. С. О возможности использования пробит-функции при оценке профессионального риска на объектах транспорта теплоносителя при добыче нефти шахтным способом [Текст] / И.С. Степанов // Инновации на транспорте и в машиностроении: IV Международная научно-практическая

конференция: сборник трудов, (г. Санкт-Петербург, 28-29 апр. 2016). – Том 5. – Санкт-Петербург, 2016. – С. 88.

63. Kirsch, P. Riskgate: Industry Sharing Risk Controls Across Australian Coal Operations [Text] / P. Kirsch, M. Shi, D. Sprott. // Australian Journal of Multi-Disciplinary Engineering. – 2014. – Vol. 11. – Issue 1. – pp. 47-58.

64. Kirsch, P. Industry scale knowledge management – RISKGATE and Australian coal operations [Text] / P. Kirsch, J Harris, D. Sprott, D. Cliff // Canadian Institute of Mining Journal. – 2014. – Vol. 5 (2). – pp. 79-86.

65. Iannacchione, A. The Application of Major Hazard Risk Assessment (MHRA) to Eliminate Multiple Fatality Occurrences in the US Minerals Industry [Text] / A. Iannacchione, F. Varley, T. Brady // National Institute for Occupational Safety and Health. Spokane Research Laboratory. – Spokane, WA, 2008. – 132 p.

66. Рудаков, М.Л. Определение области применения интегральных показателей тепловой нагрузки среды в горных выработках нефтяных шахт [Текст] / М.Л. Рудаков, И.С. Степанов // Горный информационно-аналитический бюллетень : науч.-техн. журн. - 2018. - № 6; Спец. вып. 35. – С. 3-14.

67. Effect of Ambient Temperature on Human Skeletal Muscle Metabolism During Fatiguing Submaximal Exercise [Electronic resource] / J.M. Parkin, M.F. Carey, S. Zhao, M.A. Febbraio // Journal of Applied Physiology. – 1999. - Vol. 87, Sep. - P. 902-908. - Mode of access: <https://www.researchgate.net>.

68. Houghton, F.C. Determining equal comfort lines [Text] / F.C. Houghton, C.P. Yaglou // J. Am. Soc. Heat. Vent. Engrs. – 1923. – Vol. 29. – pp.165-176.

69. Klima-Bergverordnung: Bergverordnung zum Schutz der Gesundheit gegen Klimaeinwirkungen; (KlimaBergV), – Essen: Verlag Glückauf. – No. 420-7, 1983. – 685 s.

70. Epstein, Y. Thermal Comfort and the Heat Stress Indices [Electronic resource] / Y. Epstein, D.S. Moran // Industrial Health. – 2006. – №44. – P. 388–398. - Mode of access: <https://www.researchgate.net>.

71. Auliciems, A Thermal Comfort [Текст] / A. Auliciems, S.V. Szokolay // PLEA Notes – 1997. – P. 65.

72. Griffitt, W. Environmental effects on interpersonal affective behavior: Ambient effective temperature and attraction [Текст] / W. Griffitt // Journal of Personality and Social Psychology – 1970. – 15(3). – P.240-244.
73. Lees, F.P. Loss Prevention in the Process Industries: Hazard Identification, Assessment and Control [Текст] / F.P. Lees // Butterworth-Heinemann: 2012. – p.3776.
74. Missenard A. L'homme et le climat [Текст] / A. Missenard. – Paris: 1937. – 186 p.
75. Исаев, А.А. Экологическая климатология [Текст] / А.А. Исаев. – Москва: Научный мир, 2001. - 458 с.
76. Русанов, В.И. Комплексные метеорологические показатели и методы оценки климата для медицинских целей [Текст] : учебное пособие / В.И. Русанов. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1981. – 84 с.
77. Рофе, А.И. Научная организация труда [Текст] / А.И. Рофе. – Москва: Изд - во « МИК », 1998.
78. Смирнов, А.А. Влияние высоких температур и влажности воздуха на скорость перегревания организма человека [Текст] / А.А. Смирнов // Гигиена и санитария – 1961. – №10. – С.16-19.
79. Андрющенко, В.Н. Исследование влияния микроклимата на производительность труда рабочих глубоких шахт. (Обзор)./ В.Н. Андрющенко, Е.П Захаров // Центральный научно-исследовательский институт экономики и научно-технической информации угольной промышленности – Москва, 1973.
80. Делль, Р. А. Гигиена одежды: учебное пособие для вузов [Текст] / Р. А. Делль, Р. Ф. Афанасьева, З. С. Чубарова. – М.: Легпромбытиздат, 1991. - 160 с.
81. Кошечев, В.С. Физиология и гигиена индивидуальной защиты человека в условиях высоких температур [Текст] / В.С. Кошечев, Е.И. Кузнец. – Москва : Медицина, 1986. – 254с.
82. Hunt, A. Dehydration is a Health and Safety Concern for Surface Mine Workers [Electronic resource] / A. Hunt, I. Stewart, T. Parker. – Mode of access: <https://www.researchgate.net/publication/265750773>

83. Fiala, D. The Dynamic Effect of Adaptive Human Responses in the Sensation of Thermal Comfort [Electronic resource] / D. Fiala, K.J. Lomas // Moving Thermal Comfort Standards into the 21st Century (Windsor): Conference Proc . - UK, 2001. - P. 147-157. - Mode of access: <https://www.researchgate.net>

84. Bethea, D. The development of a practical heat stress assessment methodology for use in UK industry / D. Bethea, K. Parsons // Health and safety executive – 2002. – 201p.

85. СанПиН 2.2.2776-10 «Гигиенические требования к оценке условий труда при расследовании случаев профессиональных заболеваний» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://snipov.net/c_4655_snip_60181.html, свободный.

86. МУК 4.3.2755-10 «Интегральная оценка нагревающего микроклимата» [Электронный ресурс]: метод указания // Техэксперт: проф. справ. системы. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200087779>, свободный.

87. Приказ МЧС РФ от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» [Электронный ресурс] // Техэксперт: проф. справ. системы. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902170886>, свободный.

88. Приказ Ростехнадзора от 11 апреля 2016 г. № 144 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» [Электронный ресурс] // Техэксперт: проф. справ. системы. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420347908>, свободный.

89. Еналеев, Р.Ш. Термодинамические критерии теплового поражения человека в техногенных авариях [Текст] / Р.Ш. Еналеев, А.М. Акиров, Ю.С. Чистов, Э.Ш. Теляков // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – №17, Т.15 – С.50-55

90. 15. Lees, F. Lees' Loss Prevention in the Process Industries [Текст]: Hazard Identification, Assessment and Control / F. Lees. – Butterworth-Heinemann, Oxford, 2012. – 3776p

91. Константинов, Е.И. Физиолого-гигиенические аспекты оценки нагревающего микроклимата и мер профилактики [Текст] : дис. ... д-ра биол. наук: 14.02.04 / Евгений Иванович Константинов; [Место защиты: Научно-исследовательский институт медицины труда РАМН - Учреждение Российской академии медицинских наук]. – Москва, 2016. – 265 с/
92. Афанасьева, Р.Ф. Тепловой стресс. Физиолого-гигиенические аспекты профилактики [Текст]: монография / Р.Ф. Афанасьева, Е.И. Константинов, Н.А. Бессонова. – М.: Книжник, 2012. – 224 с.
93. Седова, О.А. Возможности оценки влияния микроклимата производственной среды на здоровье работников [Электронный ресурс] / О.А. Седова [и др.] // Вестник новых медицинских технологий: Электронный журнал. – 2013 – №1. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhno-sti-otsenki-vliyaniya-mikroklimate-proizvodstvennoy-sredy-na-zdorovie-rabotnikov>.
94. Афанасьева, Р.Ф. Физиолого-гигиеническое обоснование допустимых уровней теплового состояния человека с учетом тяжести выполняемой работы [Текст] : отчет о НИР по теме 86013 / Р.Ф. Афанасьева [и др.]; НИИГТиПЗ АМН СССР. – Москва, 1988. –Инв. № 02.89.000 3475.
95. Разработать показатели тепловых состояний человека для обоснования оптимальных и допустимых параметров микроклимата [Текст] : отчет НИР № 89002 / НИИГТиПЗ АМН СССР; рук. Суворов Г.А., Афанасьева Р.Ф.; исполн.: . Афанасьева Р.Ф. [и др.]. – Москва, 1990. – 229с.
96. Физиолого-гигиеническое обоснование непрерывной и среднесменной внешней термической нагрузки на организм работающих [Текст] : отчет НИР по подтеме 5 темы 96.07 / НИИГТиПЗ АМН СССР; рук. Афанасьева Р.Ф.; исполн.: Афанасьева Р.Ф. [и др.]. – Москва, 2000. – 303с.
97. Инновационные научно-методические основы гигиенической регламентации и оценки физических факторов производственной и окружающей среды и их гармонизация с международными требованиями. Мероприятия по охране здоровья. Раздел: «Прогнозирование термического стресса при работе в нагревающей среде в защитной спецодежде и разработка мер профилактики

перегрева организма» [Текст] : отчет НИР (заключ.) / НИИГТиПЗ АМН СССР; рук. Прокопенко Л.В.; исполн.: Прокопенко Л.В. [и др.]. – Москва, 2014. – 79с.

98. Чан, В.Т. Физиологические реакции организма при работе в условиях конвекционных и конвекционно-радиационных тепловых нагрузок: автореф. дис... канд. мед. наук: 14.00.07 [Электронный ресурс] / Чан Ван Тап; Киев. науч.-исслед. ин-т гигиены труда и проф. заболеваний. – Киев, 1990. – 20с. – Режим доступа: <http://medical-diss.com/medicina/fiziologicheskie-reaktsii-organizma-pri-rabote-v-usloviyah-konveksionnyh-i-konveksionno-radiatsionnyh-teplovyh-nagruzok>.

99. Kampmann, B. Zur Physiologie der Arbeit in Warmem Klima. Ergebnisse aus Laboruntersuchungen und aus Feldstudien im Steinkohlenbergbau: Habilitationsschrift zur Erlangung der Venia Legendi im Fach Arbeitsphysiologie des Fachbereiches Sicherheitstechnik an der Bergischen Universität – Gesamthochschule Wuppertal [Electronic resource] / B. Kampmann; Bergische Universität – Gesamthochschule Wuppertal. - Wuppertal, 2000. – VIII, 279 p. – Mode of access: <https://www.researchgate.net>.

100. Brake, D.J. The Deep Body Core Temperatures, Physical Fatigue and Fluid Status of Thermally Stressed Workers and the Development of Thermal Work Limit as an Index of heat Stress [Text] : Doctoral Diss. / D.J. Brake; Curtin University of Technology. School of Public Health. – Australia, 2002. – 294 p.

101. Bain, A. R. Body Heat Storage During Physical Activity is Lower with Hot Fluid Ingestion under Conditions that Permit Full Evaporation [Electronic resource] / A.R. Bain, N.C. Lesperance, O. Jay // Acta Physiol. – 2012. – Vol.2. - P. 98-108.

102. Booth, J.D. The Effect of Altered Body Temperature on Exercise in the Heat: Thermoregulatory and Metabolic Function / J.D. Booth // University of Wollongong Thesis Collections. - [Wollongong], 2000. – Mode of access: <https://ro.uow.edu.au/theses/1096>.

103. Tikuisis, P. The Effect of Postural Changes on Body Temperatures and Heat Balance [Electronic resource] / P. Tikuisis, M.B. Ducharme // Eur J Appl Physiol. – 1996. - №72. – P.451-459. - Mode of access: <https://www.researchgate.net>.

104. Taylor, N.A.S. Considerations for the Measurement of Core, Skin and Mean Body Temperatures [Electronic resource] / N.A.S. Taylor, M.J. Tipton, G.P. Kenny // Journal of Thermal Biology. – 2014. – № 46. – P. 72–101. - Mode of access: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtherbio.2014.10.006>.

105. Kampmann, B. Estimation of Metabolic Rate from Cardiac Frequency for Fieldstudies: Correcting for “Thermal Pulses” [Electronic resource] / B. Kampmann, B. Kalkowsky, C. Piekarski // Journal of Thermal Biology. - 2001. - № 26. – P. 437–440. - Mode of access: <https://www.researchgate.net>.

106. Kampmann, B. Physiological Responses to Temperature and Humidity Compared to the Assessment by UTCI, WGBT and PHS [Electronic resource] / B. Kampmann, P. Bröde, D. Fiala // Int J Biometeorol . - 2012. - № 56. – P.505–513. - DOI 10.1007/s00484-011-0410-0.

107. Body Heat Storage During Intermittent work in Hot, Dry and Warm-wet Environments [Electronic resource] / J.M. Stapleton, H.E. Wright, S.G. Hardcastle, G.P. Kenny // Appl. Physiol. Nutr. Metab. – 2012.- № 37. – P. 840–849. - Doi:10.1139/H2012-053.

108. Степанов, И. С. Применение пробит-функции для оценки профессиональных рисков в условиях нагревающего микроклимата в подземных горных выработках [Текст] / И. С. Степанов // Актуальные проблемы социального, экономического и информационного развития современного общества: материалы II Ежегодной Всероссийской научно-практической конференции, (г. Уфа, 26 апр. 2017 г.). – Уфа, 2017. – С. 59-65.

109. Степанов, И.С. Метод оценки профессионального риска в условиях нагревающего микроклимата при ведении подземных горных работ [Текст] / И.С. Степанов // Совершенствование технологии горных работ и подготовка кадров для обеспечения техносферной безопасности в условиях Северо-Востока России: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, (г. Якутск, 25 апр. 2018 г.). – Якутск, 2018. – С. 39-44.

110. Степанов, И.С. Использование пробит-функции при оценке профессионального риска в условиях нагревающего микроклимата при ведении

подземных горных работ [Текст] / И.С. Степанов // Теоретические и прикладные вопросы комплексной безопасности: Материалы I Международной научно-практической конференции, (г. Санкт-Петербург, 28 марта 2018 г.). – Санкт-Петербург, 2018. – С. 91-95.

111. Рудаков, М.Л. Оценка профессионального риска при воздействии нагревающего микроклимата при ведении подземных горных работ [Текст] / М.Л. Рудаков, И.С. Степанов // Записки Горного института. – 2017. – Т. 225. – С. 364-368.

112. Мартынцева, А.С. Расчет показателей теплового состояния человека: [Текст] метод. указания / А.С. Мартынцева, Е.В. Нор. – Ухта: УГТУ, 2015. – 18 с.

113. МУК 4.3.1895-04. Методы контроля. Физические факторы. Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегревания [Текст] : метод. указания (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 03.03.2004). – М.: Федерал. центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 20 с.

114. Shapiro, S.S. An approximate analysis of variance test fo normality [Text] / S.S. Shapiro, R.S. Francia // J. Amer. Statist. Assoc. – 1972. – №337. – P. 215-216.

115. Shapiro, S.S. An analysis of variance test for normality (complete samples) [Text] / S.S. Shapiro, M.B. Wilk // Biometrika.– 1965. – №52. – P . 591-611.

116. Вентцель, Е.С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения [Текст] / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров – М.: «Наука». Физматлит, 1991 г.

117. Кобзарь, А.И. Прикладная математическая статистика [Текст]: для инженеров и научных работников / А.И. Кобзарь. – Москва: Физматлит, 2006. – 238 с.

118. Абашин, А.Н. Оценка профессионального риска, обусловленного нагревающим микроклиматом, в горных выработках нефтяных шахт Ярегского месторождения [Текст] / А.Н. Абашин, М.Л. Рудаков, И.С. Степанов // Безопасность труда в промышленности. – 2018. - №7. – С. 62-71.

119. Приказ от 9 сентября 2011 г. № 1034н «Об утверждении перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений и производимых при выполнении работ по обеспечению безопасных условий и охраны труда, в том числе на опасных производственных объектах, и обязательных метрологических требований к ним, в том числе показателей точности» [Электронный ресурс]: с изм. на 19 авг. 2014г. / М-во здравоохранения и соц. развития Рос. Федерации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902299369>, свободный.

120. Finney, D.J. Probit Analysis [Text] / D.J. Finney. – 3rd ed. — Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1971.

121. Головкова, Н.П. Оценка условий труда, профессионального риска, состояния профессиональной заболеваемости и производственного травматизма рабочих угольной промышленности [Текст] / Н.П. Головкова, А.Г. Чеботарёв, Н.А. Хелковский-Сергеев, Н.О. Каледина // Горный информ.-аналит. бюл. – 2011. – №S – С.9-40.

122. Influence of Environmental Technologies on the Economic Component in the Normalization of Thermal Conditions in Oil-Stores [Текст] / V.R. Alabyev, M.N. Kruk, M.A. Korobitsyna, I.S. Stepanov // Journal of Environmental Management and Tourism. - 2018. – Vol. IX, (Spring), 1(25). – P.: 75-81.

123. Шувалов, Ю.В. Опыт и совершенствование регулирования теплового режима шахт и рудников ФРГ [Текст] / Ю.В. Шувалов, В.А. Кузин, А.Н. Худяков; Всесоюз. науч.-техн. горное о-во, Хозрасчет. центр науч.-техн. услуг «Недра». – Москва: [б.и.], 1990. – 51 с.: ил

Протокол измерений, аттестат аккредитации и область аттестации испытательной лаборатории

Автономная некоммерческая организация дополнительного профессионального образования "Северо-Западный Региональный Центр Охраны Труда"; Регистрационный номер - 11 от 11.03.2015 (полное наименование организации, проводящей специальную оценку условий труда, регистрационный номер записи в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда)		
Регистрационный номер аттестата аккредитации ИЛ	Дата получения	Дата окончания
РОСС RU.0001.517503	09.09.2014	бессрочно

СВОДНЫЙ ПРОТОКОЛ исследований (испытаний) и измерений микроклимата. № 634-ПК-2018-МК (идентификационный номер протокола)

1. Дата проведения измерений: 12.04.2018

2. Дата составления: 13.04.2018

3. Дата выдачи протокола: 13.04.2018

4. Сведения о работодателе:

4.1. Наименование работодателя: Степанов Игорь Сергеевич

4.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя: 196084, г. Санкт-Петербург, Заозерная 1,
корп 3

5. Сведения о средствах измерения:

Наименование средства измерения	Заводской номер	№ свидетельства	Дата поверки	Дата окончания	Погрешность измерения
Измеритель параметров микроклимата "ТКА-ПКМ/24 (ТНС)"	041712	207/17-15700п	29.09.2017	28.09.2019	$\pm 0,2 \pm 3,0; \pm (0,05 + 0,05V); \pm (0,1 \pm 0,05V)$, где V-значение измеряемой скорости, м/с $\pm 0,13; (\pm 1)$
Анемометр ТКА-ПКМ (50)	24573	0148277	27.09.2018	26.09.2019	Измерительный диапазон скорости воздуха: 0.4.....20.0 м/с.

6.НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого и оцениваемого фактора:

МУК 4.3.2756-10. Методы контроля. Физические факторы. Методические указания по измерению и оценке микроклимата производственных помещений. Методические указания"

СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

7.Условия проведения измерений:

Измерения проводились в холодный период года

Температура наружного воздуха $-5^{\circ}\text{C}, -3^{\circ}\text{C}, -3^{\circ}\text{C}$

Относительная влажность $81\%, 77\%, 75\%$

8.Фактические и нормативные значения измеряемых параметров:

№ п/п	Наименование рабочего места, рабочей зоны, фактора	Факт. уровень
1	Обособленное помещение	
	Температура воздуха, °C	20,5
	Скорость движения воздуха, м/с	0,0
	Влажность воздуха, %	77
	ТНС индекс, °C	18,61
	Т шара, °C	20,5
2	Обособленное помещение	
	Температура воздуха, °C	20,5
	Скорость движения воздуха, м/с	1,0
	Влажность воздуха, %	77
	ТНС индекс, °C	18,61
	Т шара, °C	20,5
3	Обособленное помещение	
	Температура воздуха, °C	20,5
	Скорость движения воздуха, м/с	2,0
	Влажность воздуха, %	77
	ТНС индекс, °C	18,61
	Т шара, °C	20,5

№ п/п	Наименование рабочего места, рабочей зоны, фактора	Факт. уровень
	Влажность воздуха, %	84
	ТНС индекс, °С	22.60
	Т шара, °С	24.0
	Т влажного, °С	22
4	Обособленное помещение	
	Температура воздуха, °С	24.0
	Скорость движения воздуха, м/с	3.0
	Влажность воздуха, %	84
	ТНС индекс, °С	22.60
	Т шара, °С	24.0
	Т влажного, °С	22
5	Обособленное помещение	
	Температура воздуха, °С	30.1
	Скорость движения воздуха, м/с	0.6
	Влажность воздуха, %	70
	ТНС индекс, °С	26.95
	Т шара, °С	30.1
	Т влажного, °С	25,6
6	Обособленное помещение	
	Температура воздуха, °С	30.1
	Скорость движения воздуха, м/с	1.5
	Влажность воздуха, %	70
	ТНС индекс, °С	26.95
	Т шара, °С	30.1
	Т влажного, °С	25,6
7	Обособленное помещение	
	Температура воздуха, °С	30.1
	Скорость движения воздуха, м/с	2.0
	Влажность воздуха, %	70
	ТНС индекс, °С	26.95
	Т шара, °С	30.1
	Т влажного, °С	25,6
8	Обособленное помещение	
	Температура воздуха, °С	30.1
	Скорость движения воздуха, м/с	3.0
	Влажность воздуха, %	70
	ТНС индекс, °С	26.95
	Т шара, °С	30.1
	Т влажного, °С	25,6
9	Обособленное помещение	
	Температура воздуха, °С	32.6
	Скорость движения воздуха, м/с	0.6
	Влажность воздуха, %	63
	ТНС индекс, °С	28.40
	Т шара, °С	32.6
	Т влажного, °С	26,6
10	Обособленное помещение	
	Температура воздуха, °С	32.6
	Скорость движения воздуха, м/с	1.5
	Влажность воздуха, %	63
	ТНС индекс, °С	28.40
	Т шара, °С	32.6
	Т влажного, °С	26,6
11	Обособленное помещение	
	Температура воздуха, °С	32.6
	Скорость движения воздуха, м/с	2.0
	Влажность воздуха, %	63
	ТНС индекс, °С	28.40

№ п/п	Наименование рабочего места, рабочей зоны, фактора	Факт. уровень
	Т шара, °C	32.6
	Т влажного, °C	26,6
12	Обособленное помещение	
	Температура воздуха, °C	32.6
	Скорость движения воздуха, м/с	3.0
	Влажность воздуха, %	63
	ТНС индекс, °C	28.40
	Т шара, °C	32.6
	Т влажного, °C	26,6
13	Обособленное помещение	
	Температура воздуха, °C	31,4
	Скорость движения воздуха, м/с	0.6
	Влажность воздуха, %	89
	ТНС индекс, °C	30.28
	Т шара, °C	31,4
	Т влажного, °C	29,8
14	Обособленное помещение	
	Температура воздуха, °C	31,4
	Скорость движения воздуха, м/с	1.5
	Влажность воздуха, %	89
	ТНС индекс, °C	30.28
	Т шара, °C	31,4
	Т влажного, °C	29,8
15	Обособленное помещение	
	Температура воздуха, °C	31,4
	Скорость движения воздуха, м/с	2.0
	Влажность воздуха, %	89
	ТНС индекс, °C	30.28
	Т шара, °C	31,4
	Т влажного, °C	29,8
16	Обособленное помещение	
	Температура воздуха, °C	31,4
	Скорость движения воздуха, м/с	3.0
	Влажность воздуха, %	89
	ТНС индекс, °C	30.28
	Т шара, °C	31,4
	Т влажного, °C	29,8
17	Обособленное помещение	
	Температура воздуха, °C	40.2
	Скорость движения воздуха, м/с	0.6
	Влажность воздуха, %	50
	ТНС индекс, °C	33.41
	Т шара, °C	40,2
	Т влажного, °C	30,5
18	Обособленное помещение	
	Температура воздуха, °C	40.2
	Скорость движения воздуха, м/с	1.5
	Влажность воздуха, %	50
	ТНС индекс, °C	33.41
	Т шара, °C	40,2
	Т влажного, °C	30,5
19	Обособленное помещение	
	Температура воздуха, °C	40.2
	Скорость движения воздуха, м/с	2.0
	Влажность воздуха, %	50
	ТНС индекс, °C	33.41
	Т шара, °C	40.2
	Т влажного, °C	30,5

№ п/п	Наименование рабочего места, рабочей зоны, фактора	Факт. уровень
20	Обособленное помещение	
	Температура воздуха, °С	40.2
	Скорость движения воздуха, м/с	3.0
	Влажность воздуха, %	50
	ТНС индекс, °С	33.41
	Т шара, °С	40.2
	Т влажного, °С	30,5

9. Специалист организации, проводивший измерения:

Эксперт по анализу факторов
условий труда
(Должность)

Жданович Р.А.
(Фамилия И.О.)

10. Ответственное лицо организации, проводящей измерения:

Начальник ИЛ
(Должность)

Чудин Н.А.
(Фамилия И.О.)

11. Должность, Ф.И.О. представителя обследуемого объекта, присутствовавшего при проведении измерений:

(Должность)

(Фамилия И.О.)

(Подпись)



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО АККРЕДИТАЦИИ

№ 0000307

АТТЕСТАТ АККРЕДИТАЦИИ

№ РОСС RU.0001.517503 выдан 29 сентября 2014 г.
номер аттестата аккредитации и дата выдачи

Настоящий аттестат выдан Автономной некоммерческой организации дополнительного профессионального образования "Северо-Западный Региональный Центр Охраны Труда"; ИНН:7810330899
192102, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Фучика, д. 4, лит. «А», пом. 11Н, часть № 3
наименование и ИНН (СНИДС) заявителя
место нахождения (место жительства) заявителя

и удостоверяет, что Испытательная лаборатория
192102, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Фучика, д. 4, лит. «А», пом. 11Н, часть № 16
наименование
адрес места (мест) осуществления деятельности

соответствует требованиям ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009
аккредитован(о) в качестве Испытательной лаборатории
в соответствии с областью аккредитации, область аккредитации определена в приложении к настоящему аттестату и является неотъемлемой частью аттестата.

Дата внесения сведений в реестр аккредитованных лиц 09 сентября 2014 г.

М.П.

Руководитель (заместитель Руководителя)
Федеральной службы по аккредитации

подпись

М.А. Якутова
инициалы, фамилия



Заместитель руководителя
Федеральной службы по аккредитации


подпись М.А. Якутова
инициалы, фамилия

Приложение к аттестату аккредитации
№ РОСС RU.0001.517503
от «19» сентября 2014 г.
на 7 листах, лист 1

Область аккредитации Испытательной лаборатории
Автономной некоммерческой организации дополнительного профессионального образования
«Северо-Западный Региональный Центр Охраны Труда»
наименование испытательной лаборатории (центра) юридического лица

192102, г. Санкт-Петербург, ул. Фучика, д. 4, литер «А»
адрес места осуществления деятельности испытательной лаборатории (центра)

№ п/п	Правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора проб	Наименование объекта	Код ОКП «*»	Код ТН ВЭД ТС «*»	Показатели	Диапазон измерений	Технические регламенты и (или) документы в области стандартизации
1	2	3	4	5	6	7	8
1	МУК 4.3.2756-10	Производственная (рабочая) среда. Физические факторы.	-	-	Температура воздуха	от -10 до +50 °С	СанПиН 2.2.4.548-96 ГОСТ 12.1.005-88
			-	-	Относительная влажность воздуха	(3 - 98)%	
			-	-	Скорость движения воздуха	(0,1 - 20,0) м/с	
			-	-	Энергетическая освещенность (при оценке интенсивности теплового излучения)	(10 - 500) Вт/м2	
2	ГОСТ 12.1.02-84 СанПиН 2.2.4.1191-03 МУК 4.3.2491-09		-	-	Напряженность электрического поля (промышленная частота 50 Гц)	(0,05 - 25) кВ/м	ГОСТ 12.1.02-84 СанПиН 2.2.4.1191-03
3	СанПиН 2.2.4.1191-03 МУК 4.3.2491-09		-	-	Напряженность магнитного поля (промышленная частота 50 Гц)	(80 - 6400) А/м	СанПиН 2.2.4.1191-03
4	ГОСТ 12.1.006-84 МУ 4.3.2320-08		-	-	Напряженность электрического поля электромагнитных излучений радиочастотного диапазона: в диапазоне частот от 0,01 до 0,03 МГц в диапазоне частот от 0,03 до 3,0 МГц в диапазоне частот от 3,0 до 30,0 МГц в диапазоне частот от 30,0 до 50,0 МГц в диапазоне частот от 50,0 до 300 МГц	(150 - 5000) В/м (5 - 500) В/м (3 - 300) В/м (1 - 80) В/м (1 - 80) В/м	ГОСТ 12.1.006-84 СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03

Продолжение приложения к аттестату аккредитации
 № РОСС RU.0001.517503
 от «09» сентября 2014 г.
 на 7 листах, лист 2

1	2	3	4	5	6	7	8
5	ГОСТ 12.1.006-84 МУ 4.3.2320-08	Производственная (рабочая) среда. Физические факторы.	-	-	Напряженность магнитного поля электромагнитных излучений радиочастотного диапазона: в диапазоне частот от 0,03 до 3,0МГц в диапазоне частот от 30,0 до 50,0МГц	(1,0 - 50) А/м (0,1 - 3) А/м	ГОСТ 12.1.006-84 СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03
			-	-	Плотность потока энергии электромагнитных излучений радиочастотного диапазона в диапазоне частот от 300,0 МГц до 300,0 ГГц	(1 - 5000) мкВт/см ²	
6	ГОСТ 12.1.045-84 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03		-	-	Напряженность электростатического поля	(6 - 300) кВ/м	ГОСТ 12.1.045-84 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03
7	СанПиН 2.2.4.1191-03 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03		-	-	Напряженность постоянного магнитного поля/ индукция постоянного магнитного поля (в том числе для расчета коэффициента ослабления геомагнитного поля)	Для постоянного магнитного поля (3 - 200) мТл / (2,4 - 160) кА/м) Для геомагнитного поля (0,375 - 250)) мкТл / (0,3 - 200) А/м	СанПиН 2.1.8/2.2.4.2489-09 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03
8	СН 4557-88		-	-	Интенсивность источников УФ излучения в диапазонах длин волн: (200 - 400) нм	(0,001 - 200) Вт/м ²	СН 4557-88
9	СН 4557-88 Р 50.2.053-2006		-	-	Энергетическая освещенность в диапазонах длин волн: УФ-А (лямбда = 400 - 315 нм); УФ-В (лямбда = 315 - 280 нм); УФ-С (лямбда = 280 - 200 нм)	(0,1 - 200) Вт/м ² (0,01 - 20) Вт/м ² (0,001 - 20) Вт/м ²	
10	МУ 2.6.1.14-2001 Инструкция по эксплуатации ДКГ-07 Методика дозиметрического контроля гамма-излучения в помещениях		-	-	Мощность амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения	МЭД (0,1-10 ³) мкЗв/ч АЭД (1,0-20 000) мкЗв	
11	ГОСТ 12.1.050-86		-	-	Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц	(25 - 140) дБ	ГОСТ 12.1.003-83 СН 2.2.4/2.1.8.562-96
			-	-	Уровень звука	(25 - 140) дБ	
			-	-	Эквивалентный уровень звука	(25 - 140) дБ	
			-	-	Максимальный уровень звука	(25 - 140) дБ	
		-	-	Общий уровень звукового давления инфразвука	(50 - 120) дБ	СН 2.2.4/2.1.8.583-96	

Продолжение приложения к аттестату аккредитации

№ РОСС RU.0001.517503

от «09» сентября 2014 г.

на 7 листах, лист 3

1	2	3	4	5	6	7	8
12	ГОСТ 12.1.050-86	Производственная (рабочая) среда. Физические факторы.	-	-	Эквивалентный (по энергии) общий (линейный) уровень звукового давления инфразвука	(50 - 120) дБ	СН 2.2.4/2.1.8.583-96
					Уровни звукового давления инфразвука в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8, 16 или в 1/3 октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами: 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20 Гц	(50 - 120) дБ	
13	ГОСТ 12.1.001-89 ГОСТ 12.4.077-79 СанПиН 2.2.4/2.1.8.582-96		-	-	Уровни звукового давления в 1/3 октавных полосах со среднегеометрическими частотами: 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40 кГц ультразвука воздушного	(70 - 120) дБ	ГОСТ 12.1.001-89 СанПиН 2.2.4/2.1.8.582-96
14	ГОСТ 12.1.012-04 ГОСТ 31192.1-04 ГОСТ 31192.2-05		-	-	Средние квадратические значения виброускорения или логарифмические уровни в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами: 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц при оценке локальной вибрации	(0,1 - 300) м/с ² (100 - 170) дБ	СН 2.2.4/2.1.8.566-96
15	ГОСТ 12.1.012-04 ГОСТ 31319-2006 ГОСТ 31191.1-04		-	-	Средние квадратические значения виброускорения или логарифмические уровни в октавных или 1/3 октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами: 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0; 31,5; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0 Гц при оценке общей вибрации	(0,001 - 30) м/с ² (60 - 150) дБ	
16	ГОСТ Р 54944-2012 ГОСТ 26824-2010 ГОСТ Р 54945-2012 МУ 2.2.4-706-98/МУ ОTRM 01-98 МУК 4.3.2812-10		-	-	Освещенность рабочей поверхности	(1 - 20 000) лк	СНиП 23-05-95 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03
			-	-	Яркость	(1 - 200 000) кд/м ²	
			-	-	Коэффициент пульсации освещенности	(1 - 100)%	
17	МУК 4.3.1675-03 СанПиН 2.2.4.1294-03	-	-	Концентрация аэроионов	2*10 ² – 2*10 ⁵ см ⁻³	СанПиН 2.2.4.1294-03 СанПиН 2.2.2.1332-03 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03	
18	Руководство по эксплуатации мультиметра АМ-1038	-	-	Напряжение в сети освещения (при оценке параметров световой среды)	(5 - 380) В для сетей переменного тока; (2,4 - 380) В для сетей постоянного тока	ГОСТ 29322-92	

Продолжение приложения к аттестату аккредитации

№ РОСС RU.0001.517503

от «09» сентября 2014 г.

на 7 листах, лист 4

1	2	3	4	5	6	7	8
19	Паспорт секундомера механического СОСпр-26-2-010. п. 4 Порядок работы	Производственная (рабочая) среда. Физические факторы.	-	-	Длительность отрезков времени	(0 - 60) с	-
20	МУК 4.1.2468-09 ГОСТ Р 54578-2011		-	-	Массовая концентрация пыли	(0 - 60) мин 1 - 50 мг/м ³	ГН 2.2.5.1313-03
21	Руководство по эксплуатации БВЕК.43 1110.06 РЭ		-	-	Барометрическое давление	(600 - 900) мм рт. ст. (80 - 120) кПа	-
22	Рулетка измерительная металлическая 3 м Fisco		-	-	Длина пути перемещения груза при оценке тяжести трудового процесса	в зависимости от измеряемой длины пути	СанПиН 2.4.6.2553-09 СанПиН 2.2.0.555-96
23	Руководство по эксплуатации динамометра электронного переносного АЦД/1У-0,5/1И-2		-	-	Величина мышечного усилия при удерживании, перемещении или прижиге изделия при оценке тяжести трудового процесса	0,05 - 0,5 кН	
24	МУК 4.1.1126-02	Производственная (рабочая) среда. Химические факторы. Воздух рабочей зоны.	-	-	Углеводороды алифатические	(50-2000) мг/м ³	ГОСТ 12.1.005-88 ГН 2.2.5.1313-03
			-	-	Бензин	(50-2000) мг/м ³	
			-	-	Тетрахлорэтилен	(5-50) мг/м ³	
			-	-	Трихлорэтилен	(5-50) мг/м ³	
25	Инструкция по эксплуатации анализатора АНТ-3М		-	-	Оксид углерода	(5-50) мг/м ³	
26	Инструкция по эксплуатации анализатора АНТ-3М		-	-	Хлор	(0,3-25) мг/м ³	
27	МУК 4.1.2473-09		-	-	Азота диоксид (окись азота (IV))	(1,0-20,0) мг/м ³	
28	МУК 4.1.2472-09		-	-	Азота диоксид (окись азота (II))	(1,0-20,0) мг/м ³ (по диоксиду азота)	
29	МУК 4.1.2466-09		-	-	Акролен (проп-2-ен-1-аль)	(0,1-1,4) мг/м ³	
			-	-	Алюминий	(0,4-8,0) мг/м ³	
			-	-	Диалюминия триоксид (оксид алюминия)	(0,4-8,0) мг/м ³	
30	МУ 4785-88		-	-	Аммиак	(10,0-100,0) мг/м ³	
31	МУ 2213-80		-	-	Аспирин	(0,05-1,0) мг/м ³	
32	МУ 1648-77		-	-	Ацетон	(20,0-200,0) мг/м ³	
33	МУ 2721-83		-	-	Белково-витаминный концентрат (БВК)	(0,08-0,8) мг/м ³	
34	МУ 1645-77 МУ 5932-91		-	-	Гидрохлорид (хлористый водород)	(3,0-20,0) мг/м ³ (2,5-62,5) мг/м ³	
35	МУК 4.1.2470-09		-	-	Дигидросульфид (сероводород)	(5,0-40,0) мг/м ³	
36	МУ 5886-91		-	-	Диоксид кремния	(0,05-30,0) мг/м ³ (0,5-15,0) мг/м ³	
37	МУ 4945-88, разд. 3.1		-	-	Железо	(1,5-15,0) мг/м ³	
38	МУ 2894-83		-	-	Канифоль	(0,5-50,0) мг/м ³	
39	МУ 2233-80		-	-	Левомецитин	(0,107-0,66) мг/м ³	
40	МУ 4945-88, разд. 3.1		-	-	Марганец	(0,05-1,25) мг/м ³	
41	МУ 2896-83		-	-	Масляный аэрозоль	(1,0-40) мг/м ³	

Продолжение приложения к аттестату аккредитации
№ РОСС RU.0001.517503
от «09» сентября 2014 г.
на 7 листах, лист 5

1	2	3	4	5	6	7	8
42	МУ 4945-88, разд. 3.1	Производственная (рабочая) среда. Химические факторы. Воздух рабочей зоны.	-	-	Медь	(0,4-8,0) мг/м ³	ГОСТ 12.1.005-88 ГН 2.2.5.1313-03
43	МУ 4574-88		-	-	Натрия гидроксид	(0,25-5,0) мг/м ³	
44	МУ 5937-91		-	-	Натрия карбонат	(0,20-3,5) мг/м ³	
45	МУ 4945-88, разд. 3.1		-	-	Никель	(1,0-20,0) мг/м ³	
	МУ 1623-77		-	-		(0,025-1,25) мг/м ³	
46	МУ 4945-88, разд. 3.1		-	-	Озон	(0,003-0,03) мг/м ³	
	Руководство по эксплуатации ИРМБ 413312.005.РЭ		-	-		(0,04-2,0) мг/м ³	
47	МУК 4.1.853-99		-	-	Рибофлавин	(0,01-0,5) мг/м ³	
48	МУ 4945-88, разд. 3.1		-	-	Свинец	(0,05-1,25) мг/м ³	
49	МУ 4588-88		-	-	Серы диоксид (сернистый ангидрид)	(0,005-0,12) мг/м ³	
50	МУ 3141-84		-	-	Серная кислота	(5,0-50,0) мг/м ³	
51	МУ 2243-80		-	-	Стирол	(0,5-5,0) мг/м ³	
52	МУ 4592-88		-	-	Тетрациклин	(2,0-50,0) мг/м ³	
53	МУ 5926-91		-	-	Уксусная кислота	(0,03-1,9) мг/м ³	
	МУ 3141-84		-	-		(2,5-25,0) мг/м ³	
54	МУК 4.1.2469-09		-	-	Фенол	(0,15-1,5) мг/м ³	
55	МУ 1631-77		-	-	Формальдегид	(0,16-1,6) мг/м ³	
			-	-	Дифосфорапентаоксид (фосфорный ангидрид)	(0,25-3,0) мг/м ³	
56	МУ 4945-88, разд. 3.1		-	-	Фториды хорошо растворимые	(0,5-5,0) мг/м ³	
57	МУ 1644-77		-	-	Фтористый водород (гидрофторид)	(0,25-12,5) мг/м ³	
			-	-	Хлор	(0,1-5,0) мг/м ³	
58	МУ 4945-88, разд. 3.1	Жилые и общественные здания. Физические факторы.	-	-	Хрома (III) оксид	(0,5-12,0) мг/м ³	ГОСТ 12.1.036-81 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 СанПиН 2.1.2.2645-10
			-	-	Хрома (VI) оксид (хромовый ангидрид)	(0,5-9,5) мг/м ³	
			-	-	Цинк	(0,003-0,06) мг/м ³	
			-	-	Шум	(0,25-10,0) мг/м ³	
			-	-	Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5 Гц-8000 Гц	(25 - 140) дБ	
			-	-	Уровень звука, эквивалентный уровень звука	(25 - 140) дБ	
59	ГОСТ 23337-78 МУК 4.3.2194-07		-	-	Инфразвук		СН 2.2.4/2.1.8.583-96 СанПиН 2.1.2.2645-10
			-	-	Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 2 Гц - 16 Гц;	(60-120) дБ	

Продолжение приложения к аттестату аккредитации

№ РОСС RU.0001.517503

от « 09 » сентября 2014 г.

на 7 листах, лист 6

1	2	3	4	5	6	7	8
60	ГОСТ 30494-2011	Жилые и общественные здания. Физические факторы.	Микроклимат				
			-	-	Температура воздуха	от -10 до +50 °С	СанПиН 2.1.2.2645-10
			-	-	Относительная влажность воздуха	(3 - 98)%	
			-	-	Скорость движения воздуха	(0,1 - 20,0) м/с	
61	ГОСТ Р 54944-2012		Световая среда				
			-	-	Освещенность искусственная	(10-200 000) лк	СанПиН 2.1.2.2645-10 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03
			-	-	Кoeffициент естественной освещенности (КЕО)	(1-6) %	-
63	ГОСТ Р 54945-2012		-	-	Пульсация освещенности	(1-100) %	
64	СанПиН 2.1.2.2645-10		Неионизирующие электромагнитные излучения				
65	ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07		-	-	Напряженность электрического поля промышленной частоты 50 Гц	(5-200 000) В/м	СанПиН 2.1.2.2645-10
			-	-	Напряженность магнитного поля промышленной частоты 50 Гц	(0,05-1800) А/м	ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07
			-	-	Напряженность электрического поля в диапазоне 5 Гц – 400 кГц	(0,5-1000) В/м	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 СанПиН 2.1.2.2645-10
66	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03		-	-	Плотность магнитного потока в диапазоне 5 Гц – 400 кГц	(5-5000) нТл	
67	МУ 2.6.1.14-2001 МУ 2.6.1.715-98 Руководство по эксплуатации ДКГ-07 Методика дозиметрического контроля гамма-излучения в помещениях		Ионизирующее излучение				
			-	-	Мощность амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения	МЭД (0,1-10 ³) мкЗв/ч АЭД (1,0-20 000) мкЗв	СП 2.6.1.2523-09 СП 2.6.1.2612-10 СанПиН 2.1.2.2645-10
68	ГОСТ 23337-78 МУК 4.3.2194-07		Селитебная территория. Физические факторы.	Шум			
		-		-	Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5 Гц-8000 Гц	(20-120) дБ	СН 2.2.4/2.1.8.562-96 СанПиН 2.1.2.2645-10
		-		-	Уровень звука, эквивалентный уровень звука	(20-120) дБА	
69	СанПиН 2.1.2.2645-10	Неионизирующие электромагнитные излучения					
70	ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07	-		-	Напряженность электрического поля промышленной частоты 50 Гц	(5-200 000) В/м	СанПиН 2.1.2.2645-10
		-	-	Напряженность магнитного поля промышленной частоты 50 Гц	(0,05-1800) А/м	ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07	

Продолжение приложения к аттестату аккредитации
 № РОСС RU.0001.517503
 от «09» сентября 2014 г.
 на 7 листах, лист 7

1	2	3	4	5	6	7	8
Отбор и подготовка проб объектов аналитического контроля.							
71	ГОСТ 12.1.005-88 МВИ раздел «Отбор проб»	Производственная (рабочая) среда. Химические факторы. Воздух рабочей зоны.	-	-	Отбор проб воздуха рабочей зоны	-	-
72	ГОСТ 12.1.005-88 МУК 4.1.2468-09 ГОСТ Р 54578-2011		-	-	Отбор проб пыли (аэрозолей фиброгенного действия)	-	-

Директор АНО ДПО
 «Северо-Западный Региональный
 Центр Охраны Труда»

Начальник испытательной лаборатории
 АНО ДПО «Северо-Западный Региональный
 Центр Охраны Труда»



В.В. Кузнецов

Е.А. Смаглий