

Влияние тепловой нагрузки среды на функциональное состояние работников газовой промышленности на открытой территории в летний период года

Е.И. Константинов, заведующий сектором, канд. техн. наук¹

Р.Ф. Афанасьева, главный научный сотрудник, профессор, д-р медицинских наук²

¹ ООО «Газпром» Всероссийский научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий, г. Москва

² ФГБУ «Научно-исследовательский институт медицины труда» РАМН, г. Москва*

e-mail: E_Konstantinov@vniigaz.gazprom.ru

Ключевые слова:

микроклимат,
летний период,
интегральный показатель,
термическая нагрузка,
функциональное состояние работника,
газовая промышленность.

В статье представлены параметры микроклимата, зарегистрированные на рабочих местах работников газовой промышленности в летний период на открытой территории Астраханской области. Приведены уравнения для определения термической нагрузки внешней среды, а также уравнения, отражающие корреляционные связи внешней термической нагрузки и функционального состояния работника (с учетом возраста и веса). Показана динамика термической нагрузки на организм работника и его самочувствие в течение рабочей смены. Определена факторная структура характеристик самочувствия, связанных с повышенной температурой внешней среды, активацией механизмов терморегуляции, сердечно-сосудистой системы, с утомлением. На основе анализа динамики показателей самочувствия определены предпочитаемые режимы работы. По отзывам работников и оценке функционального состояния, неблагоприятной для трудовой деятельности является средняя температура воздуха $35,3 \pm 3,3$ °С, «затруднительной» на период рабочей смены является температура воздуха $38,5 \pm 3,4$ °С. Предпочитаемым (в 71% ответов) является режим работы, включающий чередование периодов работы и отдыха (в тени). Сокращенную рабочую смену и регламентацию периодов работы и отдыха предпочитают 14,6% работающих. Согласно анкетному опросу представлены предложения по улучшению гигиенических и эргономических показателей СИЗ.

1. Введение

Актуальность исследований обусловлена результатами анализа условий труда на рабочих местах в организациях и дочерних обществах ОАО «Газпром». По результатам оценки производственной среды, на 14% рабочих мест условия труда характеризуются как вредные и ведущим фактором является нагревающий микроклимат.

Степень вредности условий труда на рабочих местах в зависимости от параметров нагревающего

микроклимата составляет 3,1–3,4, что соответствует интервалу изменения риска перегревания, от уровня умеренного до чрезвычайно высокого [1].

В связи с этим, основная задача исследований, заключалась в гигиенической оценке и регламентации термической нагрузки микроклимата с целью минимизации термического напряжения организма, оцениваемого по критериям теплового состояния человека [1].

Регламентация термической нагрузки направлена, в частности, на снижение степени утомления ра-

* В октябре 2013 г. в рамках реформы Российской академии наук произошло объединение государственных академий наук РАМН и РАСХН с РАН

ботника в процессе производственной деятельности в течение рабочей смены.

Утомление определяется как совокупность изменений в физическом и психическом состоянии человека, развивающихся в результате трудовой деятельности и ведущих к временному снижению её эффективности.

Субъективное ощущение появляющегося утомления соответствует понятию усталость. Признаки утомления человека проявляются в неприятных ощущениях в работающих мышцах и суставах, снижении работоспособности.

Микроклимат (температура, влажность воздуха, скорость движения воздуха, тепловое излучение) как фактор рабочей среды обуславливает тепловое состояние организма, которое является функциональным состоянием, характеризующимся содержанием и распределением тепла в глубоких («ядро») и поверхностных («оболочка») тканях организма, а также степенью напряжения механизмов терморегуляции, показатели которого являются основой его классификации [2].

2. Результаты исследования

Исследования по изучению влияния нагревающего микроклимата на тепловое состояние работников проводились в теплый период года с 25 июля по 10 августа на территории Астраханской области. Для широты Астрахани (по данным многолетних метеорологических) наблюдений уровень энергии инсоляции составляет в июне 204 кВт/м², в июле 189 кВт/м², и в августе 184 кВт/м². В период исследований средняя месячная температура воздуха составила в июле 29,1 °С, в августе 27,3 °С.

В качестве обследуемых были выбраны 120 мужчин, штатные работники газовой промышленности, по профессии газоспасатели. Возраст испытуемых находился в интервале 23–58 лет, стаж работы по профессии составлял от 1 года до 27 лет. Фиксировались рост, вес и превышение веса от нормального значения, которое составляло от 0 до 35 кг.

Основная производственная деятельность газоспасателей заключается в проведении газоопасных работ на технологическом оборудовании, установленном на эксплуатируемых скважинах по добыче газа, расположенных на обширной территории промышленной зоны. Все обслуживаемые узлы и агрегаты расположены на открытом воздухе. Особенность выполняемых работ заключается в том, что работник передвигается не только в горизонтальной плоскости, но и совершает подъемы и спуски по лестницам с различным перепадом высот, при осмотре оборудования и приложении физических усилий по протяжке резьбовых соединений. Работу газоспасатели осуществляют в экипированном виде. В состав эки-

пировки входит специальная одежда, обувь и перчатки, а также изолирующая система защиты органов дыхания, состоящая из изолирующей маски и баллона из металлокомпозитных материалов, наполненного дыхательной смесью.

Общий вес экипировки работника составляет 15 кг, что обуславливает дополнительные энергозатраты организма на совершение работы по переносу тяжести. По уровню энергозатрат профессия газоспасателя относится к категории III, согласно классификации СанПиН 2.2.548-96 [3].

С целью получения объективных данных об изменении функционального состояния работников в период рабочей смены проводились измерения артериального давления крови (диастолическое (ADD) и систолическое (ADS)) и частоты сердечных сокращений (ЧСС). Измерения осуществлялись: перед началом смены (8.00 ч); перед перерывом на обед (12.00 ч); по окончании рабочей смены (16.00 ч). Каждый работник обследовался в течение трех рабочих смен, в соответствии со сменным графиком.

В течение всего периода исследований фиксировались параметры микроклимата на открытой территории.

Данные о физическом состоянии работника фиксировались работниками медицинской службы. Для изучения субъективных ощущений работников была разработана анкета, содержащая вопросы о самочувствии, о времени появления желания отдохнуть, нежелании продолжать работу, состоянии аппетита, характере сна. В анкете также содержались вопросы о том, какая температура воздуха является неблагоприятной для осуществления трудовой деятельности, при какой температуре воздуха (с позиции обследуемого) не представляется возможным выполнять работу, какой режим работы является оптимальным (чередование периодов работы и отдыха, сокращение рабочей смены), какой питьевой режим является наиболее предпочтительным. Какие напитки в целях утоления жажды являются наиболее предпочтительными, каким образом наиболее эффективно можно снять усталость после рабочей смены, каково мнение обследуемого в отношении спецодежды, обуви, средств защиты рук, органов дыхания. В анкету вносились данные об артериальном давлении и частоте пульса в течение рабочей смены.

Ответы на вопросы анкеты работники осуществляли самостоятельно и записывали в соответствующие графы таблицы отдельно по каждой из трех смен. По результатам испытаний была составлена матрица данных.

Результаты исследований обрабатывались с использованием факторного анализа, а также и статистических методов оценки достоверности различия

средних значений количественных показателей, по критерию Стьюдента и частоте встречаемости номинальных показателей по критерию χ^2 [4, 5].

Интегральная оценка тепловой нагрузки внешней среды

Уровень теплового воздействия внешней среды на организм работника оценивался по следующим показателям микроклимата:

- температура воздуха в тени (t_m , °C),
- температура воздуха при инсоляции (t_c , °C),
- относительная влажность воздуха (ϕ ,%)
- скорость движения воздуха (v , м/с).

В результате математической обработки данных было установлено, что измеряемые показатели микроклимата объединяются в один фактор, описывающий 79% общей дисперсии, что соответствует высокой его информативности.

Согласно данным исследований, величина фактора возрастает с увеличением температуры воздуха t_m и t_c , скорости его движения v и уменьшения влажности ϕ . Это позволяет сделать вывод о том, что данный фактор отражает уровень изменения показателей внешней среды и может быть принят за интегральный показатель оценки (ИП_СР).

По результатам обработки данных было получена формула (1) расчета интегрального показателя:

$$\text{ИП_СР} = -8,80065 - 0,623800 t_m + 1,50370 t_c - 0,60859 \phi + 2,86654 v \quad (1)$$

Расчет интегрального показателя по значениям изменяемых климатических показателей позволяет проследить динамику внешней среды в период рабочей смены

На рис. 1 в графическом виде представлено изменение ИП_СР в различные периоды рабочей смены.

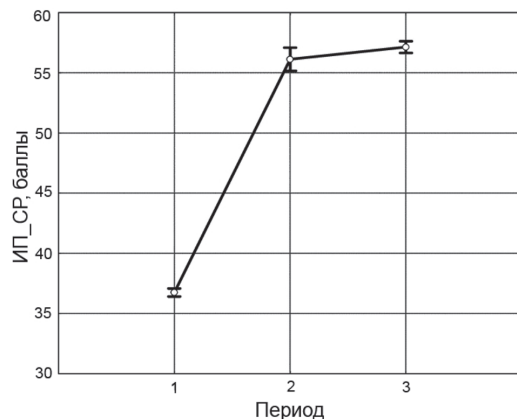


Рис. 1. Динамика ИП_СР (1 — утро, 8.00 ч; 2 — перед обеденным перерывом, 12.00 ч; 3 — перед окончанием смены, 16.00 ч)

Из рис. 1 видно, что наибольшая интенсивность изменения показателя ИП_СР в сторону увеличения наблюдается ко второму периоду обследования, который соответствует середине рабочей смены. Затем наблюдается снижение интенсивности роста интегрального показателя состояния среды, но при этом характерным признаком является продолжение увеличения величины показателя. Отсюда следует вывод о том, что в течение всего периода рабочей смены термическая нагрузка среды только возрастает.

Оценка функционального состояния работников осуществлялась с использованием интегральных показателей оценки уровня физического состояния (УФС) и индекса функциональных изменений (ИФИ) [5].

На основе корреляционного анализа данных получены формулы расчета УФС (2) и ИФИ (3). Размерность указанных показателей выражается в условных единицах.

$$\text{УФС} = \{700 - 3\text{ЧСС} - 2,5[\text{ADD} + (\text{ADS} - \text{ADD})/3] - 2,7\text{ВОЗР} + 0,28 \text{ВЕС}\}/(350 - 2,6\text{ВОЗР} + 0,21\text{РОСТ}) \quad (2)$$

$$\text{ИФИ} = -0,27 + 0,011\text{ЧСС} + 0,014\text{ADS} + 0,008\text{ADD} + 0,014 \text{ВОЗРАСТ} + 0,009 \text{ВЕС} - 0,009 \text{РОСТ} \quad (3)$$

В табл. 1 приведены значения показателей УФС и ИФИ в течение рабочей смены и достоверность их различий, оцениваемых по критерию Стьюдента.

Таким образом, приведенные результаты указывают, что увеличение термической нагрузки среды (ИП_СР) приводит к достоверному снижению уровня физического состояния (снижение показателя УФС) и увеличению напряжения системы кровообращения (увеличение показателя ИФИ).

Динамика самочувствия обследуемых оценивалась по результатам анкетирования работников с последующим кодированием данных.

Самочувствие определялось как система субъективных ощущений, свидетельствующих о той или иной степени физиологической и психологической комфортности. Оно включает как общую качественную характеристику (хорошее или плохое самочувствие), так и различно локализованные (дискомфорт

Таблица 1
Средние значения показателей функционального состояния в классах с высоким и низким уровнем изменения внешней среды

Показатели	Уровень изменения внешней среды		Уровень доверительной вероятности, p
	Начало смены (8.00 ч)	Конец смены (16.00 ч)	
ИФИ	2,53±0,020	2,57±0,010	0,09
УФС	0,60±0,015	0,58±0,010	0,03

в различных областях организма, затруднения при выполнении действий, трудности понимания).

Результаты анкетирования показали, что 37,3% обследованных работников влияние температуры воздуха на самочувствие в период работы оценивали как «сильное», 28,3% как «слабое» и 34,4% как «умеренное».

Это свидетельствует о том, что $\frac{2}{3}$ обследуемых работников испытывали негативное воздействие нагревающего микроклимата (t_m и t_c) в процессе работы, $\frac{1}{2}$ оценивали как «слабое». Возможно, эта группа работников обладает высокой тепловой устойчивостью и в большей степени адаптирована к нагревающей среде.

В табл. 2 приведена встречаемость характеристик утомления в разные периоды оценки и достоверность их изменения, оцениваемая по критерию χ^2 .

Из приведенных данных следует, что практически по всем характеристикам, наибольшее ухудшение самочувствия наблюдается к периоду окончания смены. К наиболее значимым характеристикам (что следует из распределения величины критерия χ^2) относятся: появление усталости, слабости, сонливости, снижение бодрости, сильное потоотделение.

Анализ динамики интегральных показателей самочувствия, указывает на постоянное увеличение

Таблица 2

Встречаемость положительных ответов на вопросы по характеристикам самочувствия

Характеристики самочувствия	Период рабочей смены, %			χ^2	Уровень достоверной вероятности, p
	Начало 8.00ч	Середина 12.00ч	Оконч. 16.00ч		
Хорошее	37,56	34,78	27,67	24,7	0,00000*
Бодрое	44,02	36,12	19,86	63,7	0,00000*
Усталое	4,22	18,99	76,79	284,5738	0,00000*
Сонливость	57,39	14,78	27,83	35,23377	0,00000*
Головная боль	0,00	5,56	94,44	15,04294	0,00054*
Слабость	9,52	23,81	66,67	6,76971	0,00000*
Усталость	3,17	19,05	77,78	107,7951	0,00000*
Одышка	0,00	60,00	40,00	0,258203	0,87888
Сильное потоотделение	2,05	52,74	45,21	9,813694	0,00740*
Очень жарко	1,25	52,29	46,46	8,580456	0,01370
Учащенный пульс	0,00	41,67	58,33	0,978329	0,61314
Нежелание продолжать работу	2,52	42,02	55,46	5,043490	0,08032
Требуется отдых	0,85	42,17	56,98	20,08466	0,00004*

Примечание: значения величин, отмеченных * свидетельствует о высокой степени достоверности результатов.

активации системы терморегуляции организма. При этом наблюдается следующее: потоотделение увеличивается, и вместе с этим растет активация сердечно-сосудистой системы, являющейся одним из механизмов терморегуляции.

Определенный интерес представляют данные, по которым можно судить о наличии корреляционных связей между самочувствием работника и показателями его веса и возраста. Данную связь можно проследить, исходя из уравнений (2) и (3). Согласно уравнениям уровни значимости возрастных и весовых показателей определяются величинами коэффициентов корреляции при аргументах. Наибольшее влияние на показатели физического состояния оказывает возраст работника, вторым по значимости является его вес.

Из анализа условий труда газоспасателей следует, что единственным реальным способом снижения термической нагрузки на организм работников, в течение рабочей смены, является изменение режима труда, т.е. чередования периодов работы (пребывание на открытой местности) с периодами отдыха в тени транспортного средства, которое перевозит их по объектам. Периодическое пребывание людей в тени позволяет снизить ощущение усталости, обусловленной физической работой и инсоляцией.

Данные анкетирования указывают на то, что с возрастанием термической нагрузки в течение рабочей смены увеличивается потребность работников отдохнуть. При этом причины, по которым требуется отдых, различаются (табл. 3).

Полученные результаты показывают, что причиной нарастающего желания отдохнуть в конце рабочей смены является физическая усталость. В середине рабочей смены превалирует перегревание организма. Кроме этого, существенным показателем в необходимости отдыха является сухость слизистых оболочек глаз, обусловленная в частности низкой влажностью воздуха. Если нежелание продолжать работу появляется, то статистически достоверно оно возникает через $3,1 \pm 0,2$ часа после начала работы.

Таблица 3

Встречаемость ответов на вопросы о причине желания отдохнуть

Характеристики самочувствия	Период рабочей смены, %			χ^2	Уровень достоверной вероятности, p
	Начало 8.00 ч	Середина 12.00 ч	Оконч. 16.00 ч		
Физическая усталость	1,22	28,57	70,20	72,98412	0,00000
Ощущение «жарко»	1,20	51,60	47,20	11,43033	0,00330
Сухость глаз	2,33	46,51	51,16	17,01062	0,00020

Последствия работы в жарком микроклимате

По результатам анкетирования работников к последствиям относится нарушение сна. Средняя продолжительность сна обследованных работников составляла $6,9 \pm 0,9$ часа. Из общего количества обследованных работников 14,2% охарактеризовали свой сон как беспокойный, 27,2% как прерывистый, 69,2% со сновидениями. Отдохнувшими после сна чувствовали себя 87,4% обследованных. Зависимость от возраста не существенна.

Под влиянием нагревающего микроклимата снижается аппетит. Так, аппетит перед завтраком сохранили 88,2% работников, перед обедом — 82,2%, перед ужином — 80,0%.

Предпочитаемые режимы труда и отдыха при работе в жарком микроклимате

Согласно анализу ответов обследованных работников средняя температура воздуха на солнце (t_c), которая является неблагоприятной для трудовой деятельности, составляет $35,3 \pm 3,3$ °С.

Температура воздуха, при которой выполнение работы в течение смены затруднительно составляет $38,5 \pm 3,4$ °С.

Большинство обследованных работников (71%) считают, что в этом случае необходимо чередование в течение рабочей смены периодов работы и отдыха в тени, 14% работников предпочитают установление сокращенной рабочей смены, 11% работников — сокращение рабочей смены в сочетании с комфортным отдыхом в тени. Возможной причиной желая большей доли обследуемых в режиме труда с чередованием работы и отдыха в тени, без сокращения смены служит адаптация работников к теплу и «втягивание» в работу.

Результаты анкетирования показывают предпочитаемые способы снятия усталости после окончания работы, которые представлены в табл. 4.

Соотношение долей обследуемых, предпочитающих для компенсации усталости перемену вида деятельности и спокойный отдых, составляет 1:1, что может быть объяснено различием интенсивности процессов восстановления организма от воздействия термических и физических нагрузок. Суммарная

доля обследуемых, использующих тонизирующие вещества и алкоголь для компенсации усталости 8,6% свидетельствует о психологической несостоятельности принятия правильных решений, направленных на реабилитацию организма от воздействия термических и физических нагрузок в течение рабочего дня.

Анализ данных анкетирования дает возможность наметить направления по улучшению средств индивидуальной защиты работников при выполнении работы на производственных объектах, расположенных на открытой территории в летний период года, что важно с позиций теплового и функционального состояния рабочих.

3. Заключение

На основании факторного анализа данных с использованием интегральных показателей установлено, что работа газоспасателей на открытой территории в летний период года осуществляется в нагревающем микроклимате, который фактически является предельно-допустимым, требующем регламентации времени его воздействия. Среди характеристик самочувствия преобладают оценки «очень жарко» и «усталое состояние».

На основании корреляционного анализа данных исследований установлена функциональная связь термической нагрузки среды (ИП_СР) с уровнем физического состояния (УФС) и индексом функциональных изменений в организме (ИФИ), которая представлена в виде уравнений регрессии.

На основании вышеизложенного следует вывод о том, что осуществление трудовой деятельности в условиях нагревающего микроклимата должно быть в первую очередь обеспечено соблюдением режима работ (чередование периодов работы и отдыха), на что указывают методические рекомендации «Режимы труда и отдыха работающих в нагревающем микроклимате в производственном помещении и на открытой местности в теплый период года. МР 2.2.8.0017-10».

Режимы работ и отдыха в условиях нагревающего микроклимата, необходимо устанавливать дифференцированно, в зависимости от параметров микроклимата, видов производства, технологических процессов, применяемых средств индивидуальной защиты и других факторов, определяющих степень термической нагрузки на организм.

Учитывая важность СИЗ в обеспечении должного теплового состояния человека, его работоспособности, и результаты анкетирования в части соответствия СИЗ, условиям трудовой деятельности, могут быть сформированы предложения по улучшению гигиенических показателей материалов одежды и ее конструкции.

Таблица 4
Предпочитаемые способы компенсации усталости после рабочей смены

Способы компенсации	Встречаемость ответов, %
Перемена вида труда	31,7
Занятия спортом	14,0
Использование тонизирующих веществ	5,3
Отдых (состояние относительного покоя)	45,7
Применение алкоголя	3,3

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьева Р.Ф. Тепловая нагрузка среды и ее влияние на организм // Профессиональный риск для здоровья работников (Руководство) под ред. Н.Ф. Измерова и Э.И. Денисова — М., Провант, 2003. — С. 149–156.
2. Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегревания. Методические указания МУК 4.3.1895-04 Минздрав России, Москва.
3. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений СанПиН 2.2.548-96 Госкомсанэпиднадзор. — М., 1996.
4. Афанасьева Р.Ф., Богачев И.И. Использование математического метода планирования в гигиенических исследованиях микроклимата // Гигиена и санитария. — 1982. № 5. — С. 61–64.
5. Бобров А.Ф. Нормирование функциональных состояний человека, работающего в экстремальных условиях. (Новые принципы и методы разработки критериев). Авт. дисс. ... д-ра биол. наук. — М., 1993. — 38 с.

REFERENCES

1. Afanas'eva R.F. Teplovaya nagruzka sredy i ee vliyanie na organizm [Thermal load environment and its effect on the body]. *Professional'nyy risk dlya zdorov'ya rabotnikov (Rukovodstvo)* [Professional health risks for workers (manual)]. Moscow, Provant Publ., 2003, pp. 149–156.
2. *Otsenka teplovogo sostoyaniya cheloveka s tsel'yu obosnovaniya gigienicheskikh trebovaniy k mikroklimate rabochikh mest i meram profilaktiki okhlazhdeniya i peregrevaniya. Metodicheskie ukazaniya MUK 4.3.1895-04* [Evaluation of the thermal state of a person in order to support hygienic requirements for microclimate jobs and preventive measures cooling and overheating. Methodical instructions MUK 4.3.1895-04]. Ministry of Health of Russia, Moscow.
3. *Gigienicheskie trebovaniya k mikroklimate proizvodstvennykh pomeshcheniy. SanPiN 2.2.548-96* [Hygiene requirements for the microclimate of industrial facilities. SanPin 2.2.548-96]. The State Committee of Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Russian Federation. Moscow, 1996.
4. Afanas'eva R.F., Bogachev I.I. *Ispol'zovanie matematicheskogo metoda planirovaniya v gigienicheskikh issledovaniyakh mikroklimate* [Using mathematical planning method in hygienic studies climate]. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and sanitation]. 1982, I. 5, pp. 61–64.
5. Bobrov A.F. *Normirovanie funktsional'nykh sostoyaniy cheloveka, rabotayushchego v ekstremal'nykh usloviyakh. (Novye printsipy i metody razrabotki kriteriev). Dokt. Diss.* [Rationing of functional states of a man working in extreme conditions. (New principles and methods to develop criteria). Doct. Diss.]. Moscow, 1993.

Influence of Environmental Thermal Load on Functional Status of Gas Industry Outdoor Workers During Summer

E.I. Konstantinov, Divisional manager, Ph.D. in Technical Sciences, OAO "Gazprom" All-Russian research institute of natural gases and gas technology, Moscow

R.F. Afanasyeva, Chief researcher, Professor, Doctor of Medicine, Federal State Budgetary Institution Research Institute of Occupational Health of Russian Academy of Medical Science, Moscow

The article presents microclimate parameters registered on workplaces of gas industry outdoor workers during summer in Astrakhan region as well as equations for calculation of external thermal load and for correlation relationship between external thermal load and functional status of worker (with regard for age and weight). The paper shows dynamics of thermal load on work-er's body and health during a shift. Factor structure is defined for health characteristics bound to high external temperature, activation of thermoregulation mechanisms, cardiovascular system, and exhaustion. Analysis of health indexes dynamics gives basis for definition of preferable du-ties. According to workers and their functional state assessment average air temperature of 35,3±3,3 °C is defined as unfavorable, 38,5±0,4 °C – as problematic. The most preferable (71% of answers) shift schedule includes alternation of periods of work and rest (in the shade). Reduced shifts and regulation of periods of work and rest are preferred by 14,6% working. Suggestions for improvement of hygienic and ergonomic indexes of PPE are presented on the basis of the questionnaire.

Keywords: microclimate, summer period, integral index, thermal load, functional status of an employee, gas industry.