

УДК 331.453

Статья / Article

© ПНИПУ / PNRPU, 2017

ОЦЕНКА СОЧЕТАННОГО ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ МАЛОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ И ТРУДОВОГО ПРОЦЕССА НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ И ОШИБОЧНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ ОПЕРАТОРОВ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Н.Л. Вишневская, Л.В. Плахова, П. Поledняк¹, А. Бернатик¹

Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, Россия, г. Пермь, Комсомольский пр., 29)
¹Остравский технический университет (70030, Чехия, Острава Витковице, ул. Люмирова, 13)

EVALUATION OF JOINT EFFECT OF FACTORS OF SMALL INTENSITY OF PRODUCTION ENVIRONMENT AND LABOR PROCESS ON WORK ABILITY AND ERROR OF ACTION OF OPERATORS OF HIGH-TECH ENERGY COMPLEXES

Nina L. Vishnevskaja, Larisa V. Plakhova, Pavel Polednak¹, Ales Bernatic¹

Perm National Research Polytechnic University (29 Komsomolskii av., Perm, 614990, Russian Federation)
¹Technical University of Ostrava (13 Liumirova st., Ostrava, 70030, Czech Republic)

Получена / Received: 23.03.2017. Принята / Accepted: 10.05.2017. Опубликована / Published: 30.06.2017

Ключевые слова:

напряженность трудового процесса, факторы малой интенсивности, работоспособность операторов, энергетические комплексы, профессиональное заболевание, профилактические режимы труда и отдыха.

Увеличение сложности и скорости производственных процессов выдвигает повышенные требования к точности действий операторов, быстроте принятия решений в осуществлении управленческих функций. Статистический анализ данных по нефтеперерабатывающей отрасли показал, что нефтеперерабатывающий завод мощностью 10 млн т нефти в год теряет только от аварий из-за ошибок операторов в среднем 4 млн долл. в год, 40 % аварий и инцидентов происходят непосредственно из-за ошибок операторов. Причины таких ошибок связаны с личностными качествами человека, недостатками обучения, тренировки, а также с факторами малой интенсивности производственной среды. Комплекс факторов малой интенсивности может приводить к скрытым до определенного времени «компенсированным» нарушениям гомеостаза или модифицировать вредное действие с проявлением неадекватных реакций. В статье приведены результаты исследования операторов центрального пульта управления двух технологических отделений высокотехнологичного и опасного производственного (нефтегазового) комплекса для оценки сочетанного влияния факторов малой интенсивности производственной среды и трудового процесса на работоспособность и ошибочность действий в ходе трудового процесса. Исследования показали, что длительная напряженная функциональная нагрузка на системы организма на фоне воздействия факторов малой интенсивности производственной среды и трудового процесса приводит к развитию утомления и повышенной напряженности у операторов в дневные и ночные смены. Значительное напряжение сенсорных и интеллектуальных систем организма на фоне выраженного утомления определяет высокую физиологическую стоимость труда операторов высокотехнологичного производства. Это свидетельствует о необходимости разработки профилактических инновационных методов коррекции физиологического состояния операторов для повышения их работоспособности и безошибочности труда, позволяющих снизить риск возникновения соматических нарушений здоровья.

Key words:

tension of labor process, factors of low intensity, work ability of operators, energy complexes, professional disease, preventive regimes of work and rest.

Increase in complexity and speed of production processes puts forward strong requirements for accuracy of operators' actions, quick decision-making in performance of management functions. Statistical analysis of data on the oil refining industry showed that a refinery with a capacity of 10 million tons of oil per year loses in average \$ 4 million only from accidents caused by operator's errors. Around 40 % of accidents and incidents occur due to operator's errors. Reasons for such errors are related to personal qualities, lack of education, training, as well as to factors of low intensity of production environment. A complex of factors of low intensity can lead to hidden up to a certain time "compensated" homeostatic disturbances or modify harmful effect with demonstration of inadequate reactions. The article presents results of study of operators of central control room of two technological departments of high-tech and hazard production (oil and gas) complex to assess combined influence of factors of low intensity of production environment and labor process on work ability and error of actions during labor process. Studies have showed that a long intense functional load on body's systems with influence of factors of low intensity of production environment and labor process lead to development of fatigue and increased tension that operators suffer during day and night shifts. Significant tension of sensory and intellectual systems of the organism with fatigue determines high physiological cost of labor of high-tech production operators. That indicates a need to develop preventive innovative methods to correct a physiological state of operators to improve their performance and take errors off labor, which reduce risk of physical illness.

Вишневская Нина Леонидовна – доктор медицинских наук, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности (моб. тел.: +007 908 273 01 20, e-mail: charry14@mail.ru).
Плахова Лариса Викторовна – кандидат биологических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности (моб. тел.: +007 952 336 44 80, e-mail: larisa-2570@mail.ru).
Контактное лицо для переписки.
Поledняк Павел – профессор, декан факультета технической безопасности (тел.: 842 059 732 28 03, e-mail: pave.polednak@vsb.cz).
Бернатик Алес – профессор, заместитель декана факультета международных отношений (тел.: 842 060 356 5912, e-mail: ales.bernatic@vsb.cz).

Nina L. Vishnevskaja (Author ID in Scopus: 6507504628) – Doctor of Medicine, Professor at the Department of Life Safety (mob. tel.: +007 908 273 01 20, e-mail: charry14@mail.ru).
Larisa V. Plakhova (Author ID in Scopus: 6507109246) – PhD in Biology, Associate Professor at the Department of Life Safety (mob. tel.: +007 952 336 44 80, e-mail: larisa-2570@mail.ru).
The contact person for correspondence.
Pavel Polednak (Author ID in Scopus: 51562178900) – Professor, Dean of the Faculty of Safety Engineering (tel.: 842 059 732 28 03, e-mail: pave.polednak@vsb.cz).
Ales Bernatic (Author ID in Scopus: 13205532400) – Professor, Deputy dean of the Faculty of International Relations (tel.: 842 060 356 5912, e-mail: ales.bernatic@vsb.cz).

Введение

Увеличение сложности и скорости производственных процессов выдвигает повышенные требования к точности действий операторов, скорости принятия решений при осуществлении управленческих функций [1–5]. В значительной мере возрастает степень ответственности за совершаемые действия, поскольку ошибка оператора может привести к нарушению работы всей системы «человек – техника – среда», создать аварийную ситуацию с угрозой для жизни людей. Статистика аварий и инцидентов из-за ошибок операторов на опасных производственных объектах в мире составляет более 70 % [5–9].

По данным компании Honeywell, типовой нефтеперерабатывающий завод мощностью 10 млн т нефти в год теряет только от аварий из-за ошибок операторов в среднем 4 млн долл. в год, 40 % аварий и инцидентов происходит непосредственно из-за ошибок операторов [10–14].

Анализ причин таких ошибок показал, что большинство из них связаны с личностными качествами человека, недостатками обучения, тренировки, но вопрос влияния комплекса факторов производственной среды малой интенсивности достаточно часто остается без внимания. Вместе с тем комплекс факторов малой интенсивности может приводить к скрытым до определенного времени «компенсированным» нарушениям гомеостаза или модифицировать вредное действие с проявлением неадекватных реакций [10–13], поэтому перспективным следует считать подбор характеристик и показателей, позволяющих выявить негативное влияние факторов малой интенсивности и обеспечить оптимизацию работоспособности и профилактику ошибочных действий персонала [11, 12, 14–18].

Известно, что факторами малой интенсивности следует считать такие, уровни концентрации которых значительно ниже допустимых и не вызывают при изолированном действии достоверных биологических изменений. Однако комплексное воздействие в условиях продолжительного (12-часовые смены) времени может приводить к негативным результатам, о чем достаточно мало известно. Вместе с тем характерные особенности труда могут

способствовать изменению функционального состояния организма, напряжению адаптационных механизмов, формированию и развитию болезней, имеющих сложную многофакторную этиологию, таких как гипертензия, нарушения неспецифической резистентности, обмена веществ, опорно-двигательного аппарата, и возникновению профессионально обусловленных заболеваний [19–23].

Цель исследований – выполнить оценку сочетанного влияния факторов малой интенсивности производственной среды и трудового процесса на работоспособность и ошибочность действий операторов высокотехнологичных энергетических комплексов.

Объектом исследования являлись операторы центрального пульта управления (ЦПУ) двух технологических отделений высокотехнологичного и опасного производственного комплекса.

Результаты работы и их обсуждение

Состав персонала ЦПУ представлен в большей степени (почти на 80 %) достаточно молодыми людьми (возраст до 25 лет), только 3 % работающих относятся к категории работников старше 50 лет.

Среди факторов малой интенсивности, воздействующих на операторов высокотехнологичного производственного комплекса, необходимо отметить санитарно-гигиеническое состояние тепловой среды с низкой относительной влажностью в пределах 30 %; длительное воздействие на персонал низких уровней электромагнитных полей радиочастот; неблагоприятное состояние аэроионного состава воздушной среды с преобладанием средних аэроионов положительного заряда [1–3].

Эргономо-эстетическая оценка условий труда операторов

Поскольку основной вид деятельности операторов связан с дистанционным наблюдением за ходом технологического процесса, особое значение приобретает оценка эргономического обеспечения и удобства размещения рабочего места. Анализ показал, что до 30 % рабочих мест не соответствовали антропометрическим параметрам работающих. Длительное пребывание в вынужденной позе

ся, а в последнее время продолжительность рабочих смен операторов высокотехнологичных производственных комплексов принято увеличивать до 12 часов, способствует увеличению нагрузки на костно-мышечный аппарат и развитию утомления. Выполненная эргономическая оценка условий труда выявила ряд нарушений в компоновке рабочих мест, соотношении статических и динамических параметров и размещении видеоаппаратуры. Установлены несоответствие 30 % рабочих мест антропометрическим параметрам операторов, отсутствие регулировки по высоте и углу наклона, нарушения размещения элементов управления, границ зон досягаемости.

Эстетическая характеристика производственной среды показала, что цветовые и компоновочные решения производственной среды и оборудования не способствуют оптимизации условий труда и профилактике напряженности трудового процесса.

Таким образом, выявлен комплекс факторов малой интенсивности (санитарно-гигиенические, эргономические и эстетические), воздействующих на операторов ЦПУ. Режим труда изучаемого контингента также следует отнести к неблагоприятному.

Анализ воздействия факторов малой интенсивности на здоровье операторов

Многочасовые смены с ночными дежурствами приводят к нарушению привычных биоритмов (сна, бодрствования, работоспособности), изменению метаболических процессов и гормонального обмена, способствуют более быстрому развитию утомления [1, 3, 4, 6, 7]. Чаще всего сотрудники жалуются на сонливость. Влияние посменной работы на расстройство сна чаще проявляется у сотрудников с небольшим стажем работы. Наиболее тяжелым проявлением циркадной десинхронии могут быть не только снижение работоспособности, внимания, но и предпосылки к развитию патологических состояний, в частности, болезней сердечно-сосудистой системы и онкопатологии [6, 18, 19]. По данным Международного агентства по изучению рака, работа в ночных сменах относится к категории вероятных канцерогенных факторов (группа 2А) [24–27].

Таким образом, операторы ЦПУ подвергаются воздействию факторов малой интенсивности производственной среды и трудового процесса, что создает объективные условия для развития синдромов гиподинамии, монотонии, утомления, десинхроноза с последующим формированием профессионально обусловленной патологии.

Оценка основных показателей здоровья операторов в динамике рабочих смен

Нами выполнена оценка функционирования организма в динамике рабочих смен и проведено исследование состояния здоровья персонала по возрастным группам (рисунок).

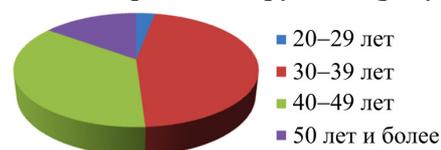


Рис. Возрастной состав персонала ЦПУ

В качестве интегрального показателя оценки влияния факторов производственной среды следует считать *показатели здоровья* персонала.

Динамика показателей состояния здоровья персонала за пятилетний период свидетельствует о росте болезней сердца, варикозной болезни и болезней анализаторов – глаз и носа. По материалам медицинского осмотра установлено, что из общего количества обследованных только 12,1 % можно отнести к категории абсолютно здоровых, несмотря на то что возрастной состав работающих ЦПУ, как было отмечено выше, можно характеризовать как приближенный к оптимальному (см. рисунок). До 70 % операторов имели избыточный вес, что свидетельствует о нарушении обменных процессов.

Анализ имеющейся информации показал, что у изучаемого контингента чаще всего регистрировались отклонения от физиологической нормы со стороны сердечно-сосудистой системы, органов зрения, носа, регистрировалась варикозная болезнь нижних конечностей. Частота распространения болезней сердца составила 36,56 на 100 обследованных, заболеваний органов зрения – 29,8 на 100; болезней полости носа – 12,43, варикозной болезни нижних конечностей – 12,56 (табл. 1).

Таблица 1

Частота зарегистрированных заболеваний на 100 обследованных в разных возрастных группах

Возрастная группа, лет	Частота сердечно-сосудистых заболеваний	Частота заболеваний органов зрения	Частота варикозной болезни	Частота заболеваний полости носа
30–39	33,30	23,30	8,50	6,70
40–49	37,90	27,60	10,50	13,80
50 и старше	38,50	38,50	18,70	16,80
Среднее значение	36,56 ± 2,84	29,8 ± 7,83	12,56 ± 5,40	12,43 ± 5,18

В ряде работ отмечено, что индекс массы тела достоверно выше у лиц, работающих в ночную смену или с высокой продолжительностью смены ($p < 0,001$) [28, 29]. Выявлена обратная связь между недосыпанием и индексом массы тела: продолжительность сна у работников с ожирением была на 18 минут меньше каждый день ($p < 0,05$), чем у их коллег с нормальной массой тела [24, 28]. Для обеспечения работоспособности, надежности и эффективности деятельности операторов в процессе труда проблема оценки функционального состояния является основополагающей, а количественная оценка параметров позволяет не только оценить, но и прогнозировать уровень и объем функциональных резервов в профессиональной деятельности [29–32].

В ходе проведенного исследования функционального состояния определяли время простой и сложных сенсомоторных реакций на

световые и звуковые раздражители, реакции на движущийся объект, критическую частоту световых мельканий, устойчивость внимания и ошибочность действий. Полученные данные оценивали методами математической статистики с использованием пакета прикладных программ Statistica v. 6.0. Вероятность нулевой гипотезы (p) определялась с помощью критериев Манна – Уитни и t -критерия Стьюдента в зависимости от нормальности распределения выборки.

Исследования проводились в течение рабочих смен (начало, конец) в двух отделениях и двух возрастных группах – до 35 (1-я) и после 35 лет (2-я).

Скорость простой сенсомоторной реакции во всех возрастных группах лиц, работающих в дневные смены, возрастала к концу рабочей смены, но ухудшалась в процессе ночных смен (табл. 2).

Таблица 2

Психофизиологические характеристики операторов в ходе дневных и ночных смен

Возрастная группа	Период рабочей смены	Зрительно-моторная реакция, мс	Слухо-моторная реакция, мс	Дифференцировка и помехоустойчивость		Устойчивость внимания и ошибочность действий	
				общий объем	%	общий объем	число ошибок
1-я	Начало	362 ± 2	206 ± 3	2308 ± 7	12	406 ± 2	6
	Окончание	296 ± 1,5	196 ± 2	2048 ± 6	8	496 ± 4	7,7
2-я	Начало	488 ± 2	208 ± 2,5	3801 ± 10	9	380 ± 4	4
	Окончание	542 ± 3	286 ± 2	2794 ± 8	9,7	458 ± 3	6,7
1-я	Начало	303 ± 2	192 ± 2,5	2200 ± 10	9	570 ± 4	5
	Окончание	267 ± 1	191 ± 2	1601 ± 5	10	621 ± 5	9
2-я	Начало	347 ± 2	181 ± 1,5	3360 ± 9	6	424 ± 2	2,5
	Окончание	514 ± 3	198 ± 3	2478 ± 7	14,5	450 ± 3	4,5

Изменение состояния операторов к концу рабочей смены можно проследить по реакции устойчивости внимания и ошибочности действий.

Как показано в табл. 2, скорость выполнения работ к концу смены растет в обеих возрастных группах на 10–15 %, что свидетельствует о действии принципов

тренировки, при этом к концу рабочей смены снижается устойчивость внимания и увеличивается число ошибок, что говорит об утомлении как следствии гиподинамии (в первой возрастной группе (до 35 лет) почти в два раза выше). Таким образом, высокий уровень нервно-эмоционального напряжения персонала, рост скорости выполнения работы

сопровождается ростом ошибочных действий, что, в конечном счете, свидетельствует об изменении функционирования регуляторных систем организма, нагрузке на центральную нервную систему, анализаторы и объективно свидетельствует о наступлении утомления.

Важные результаты получены и при оценке реакции помехоустойчивости. Внимание и работоспособность в начале рабочих смен на фоне зрительных и слуховых помех были достаточно ровными. К концу смены внимание снижалось в обследованных группах, причем в первой группе примерно на 12 %, а во второй – более чем на 20 %. При этом отмечается рост ошибочных действий операторов на фоне зрительных и звуковых помех в первой группе на 12–18 %, а во второй – почти в два раза выше. Данная реакция свидетельствует не только о наступлении к концу смены утомления, но и о необходимости произвольной активизации работниками физиологических резервов организма для выполнения профессиональных задач.

Результаты обследования персонала подтверждают установленный класс условий труда по показателям напряженности трудового процесса. Установлено, что на фоне нервно-эмоционального, сенсорного напряжения персонала к концу рабочих смен растет число ошибочных действий при выполнении специфических заданий, выявляющих функциональные резервы организма, что позволяет говорить о признаках монотонии.

Проведенные исследования показали, что при выполнении трудовых операций у персонала ЦПУ к концу рабочей смены наступает утомление, но благодаря волевым усилиям, вниманию, сосредоточенности, целенаправленности действий, операторы адекватно управляют технологическим процессом.

Вместе с тем реакции утомления у всего коллектива операторов свидетельствуют о необходимости обоснования и разработки мероприятий по профилактике развития утомления, гипокинезии, монотонии непосредственно в ходе рабочих смен.

Таким образом, развитие утомления в ходе рабочих смен приводит к существенному снижению возбудимости центральной нервной системы (возрастают пороги восприятия),

понижению качества когнитивных процессов, затруднению эвристического мышления. Надежность и эффективность деятельности операторов снижается, но при этом возрастает вероятность пропуска значимых сигналов, особенно в режимах слежения и контроля. Ухудшается самочувствие, настроение, развиваются астеновегетативные состояния. К концу смены отмечается рост числа ошибок.

Выполненные исследования показали, что в процессе дневных и ночных рабочих смен у операторов развивается утомление. При этом физиологические показатели деятельности организма и параметры оценки деятельности сенсорных систем свидетельствуют о значительных нагрузках, но операторы активизируют внимание, сосредотачиваются на выполнении задания, адекватно управляют технологическим процессом. Следовательно, следует считать, что физиологическая стоимость трудового процесса операторов достаточно высока и необходимость произвольной активизации физиологических резервов организма для выполнения профессиональных задач значительно увеличивает напряженность труда.

Выводы

Оценка факторов производственной среды и трудового процесса на рабочих местах операторов ЦПУ высокотехнологичных энергетических комплексов позволила отнести их к группе факторов малой интенсивности.

Здоровье как интегральный показатель свидетельствует о генерации у операторов ряда негативных состояний, в том числе со стороны сердечно-сосудистой, сенсорной систем, метаболического синдрома.

Длительная напряженная функциональная нагрузка на системы организма на фоне воздействия факторов малой интенсивности производственной среды и трудового процесса приводит к развитию утомления и повышенной напряженности у операторов в дневные и ночные смены.

Значительное напряжение сенсорных и интеллектуальных систем организма на фоне выраженного утомления определяет высокую физиологическую стоимость труда операторов высокотехнологичного производства. Это свидетельствует о необходимости разработки

профилактических инновационных методов коррекции физиологического состояния операторов для повышения их работоспо-

собности и безошибочности труда, позволяющих снизить риск возникновения соматических нарушений здоровья.

Библиографический список

1. Черный К.А. Проблема оценки и взаимосвязи аэрозольного загрязнения и аэроионного состава воздуха рабочей зоны: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Балт. гос. техн. ун-т (ВОЕНМЕХ) им. Ф.Д. Устинова. – СПб., 2013. – 43 с.
2. Черный К.А., Храмов А.В. Способ снижения уровня напряженности труда и профессионального стресса путем коррекции ионного состава воздуха рабочей зоны // Валеология. – 2012. – № 1. – С. 64–69.
3. Черный К.А. Способ оценки параметров сверхтонкой фракции аэрозольных частиц в воздухе // Безопасность в техносфере. – 2012. – № 2. – С. 3–6.
4. Бакиров А.Б. Проблемы сохранения здоровья трудоспособного населения в республике Башкортостан // Медицина труда и экология человека. – 2015. – № 1. – С. 4–5.
5. Валеева Э.Т., Каримова Л.К., Гимранова Г.Г. Профессиональная и производственно обусловленная патология у работающих в современных нефтехимических производствах // Агрэкологическая безопасность в условиях техногенеза: междунар. симп.: сб. науч. докл. – Казань, 2006. – Ч. 1. – С. 129–132.
6. Благинин А.А. Надежность профессиональной деятельности операторов сложных эргатических систем / Ленингр. гос. ун-т им. А.С. Пушкина. – СПб., 2006. – 144 с.
7. Профессиональный риск для здоровья работников: руководство / под ред. Н.Ф. Измерова, Э.И. Денисова. – М.: Тривант, 2003. – 448 с.
8. Шибкова Д.З., Овчинникова А.В. Эффекты воздействия электромагнитных излучений на разных уровнях организации биологических систем // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 5. – С. 156–157.
9. Goode J.H. Are pilots at risk of accidents due to fatigue? // Journal of Safety Research. – 2003. – Vol. 34, № 3. – P. 309–313. DOI: 10.1016/S0022-4375(03)00033-1
10. Shift work, occupational noise and physical workload with ensuing development of blood pressure and their joint effect on the risk of coronary heart disease / H. Koskinen, M. Harma, T. Kauppinen, L. Tenkanen // Scandinavian Journal of Work, Environment & Health. – 2008. – 33 (6). – P. 425–434. DOI: 10.5271/sjweh.1170
11. Importanza dell'acirconfenza vita per la diagnosi di sindromemetabolicae per la valutazione del rischio cardiovascularneilavoratori turnisti (Role of waist circumference in the diagnosis of metabolic syndrome and assessment of cardiovascular risk in shift workers) / A. Copertaro, M. Bracci, M. Barbaresi, L. Santarelli // La MedicinadelLavoro. – 2008. – 99 (6). – P. 444–453.
12. Influence of job strain on changes in body mass index and waist circumference: 6-year longitudinal study / M. Ishizaki, H. Nakagawa, Y. Morikawa, R. Honda, Y. Yamada, N. Kawakami // Scandinavian Journal of Work, Environment & Health. – 2008. – 34 (4). – P. 288–296. DOI: 10.5271/sjweh.1267
13. Karlsson B., Knutsson A., Lindahl B. Is there an association between shift work and having a metabolic syndrome? Results from a population based study of 27,485 people // Occupational and Environmental Medicine. – 2001. – 58 (11). – P. 747–752. DOI: 10.1136/oem.58.11.747
14. Macdonald E.B. Occupational medicine in Europe: Evolution of the profession / WHO/ECEH. – Bilthoven, 1999. – P. 31.
15. Roach G.D., Rodgers M., Dawson D. Circadian adaptation of aircrew to transmeridian flight // Aviat. Space Environ. Med. – 2002. – Vol. 73. – P. 1153–1160.
16. Vishnevskaya N.L., Plahova L.V. The innovative security model of the personnel for hazardous production facilities and psychological problems // International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2013. – № 2. – С. 49.
17. Измеров Н.Ф., Бухтияров И.В., Денисов Э.И. Оценка профессиональных рисков для здоровья в системе доказательной медицины // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. – 2016. – Т. 1. – С. 14–20.
18. Концептуальные подходы к оценке функционального состояния специалистов в процессе их профессиональной деятельности / Н.Б. Маслов, И.А. Блощинский, Е.А. Галушкина, Д.Ю. Рогованов // Экология человека. – 2012. – № 4. – С. 16–24.
19. Васин А.Л. Разработка системы обобщенных показателей для характеристики адаптационных процессов в организме при хроническом воздействии электромагнитных полей радиочастот (к проблеме нормирования физических факторов): дис. ... канд. биол. наук / Моск. гос. ун-т им. Ломоносова. – М., 2008.
20. Денисов Э.И., Чесалин П.В. Доказательность в медицине труда: принципы и оценка связи нарушений здоровья с работой // Медицина труда и промышленная экология. – 2006. – № 11. – С. 6–14.
21. Вишневская Н.Л., Плахова Л.В., Черный К.А. Методические подходы к оценке условий и определению напряженности труда операторов высокотехнологичных опасных производств // Здоровье и образование в XXI веке. – 2016. – Т. 18, № 8. – С. 69–71.
22. Harma M., Kecklund G. Shift work and health – how to proceed? // Scand. J. Work Environ. Health. – 2010. – 36 (2). – P. 81–84. DOI: 10.2307/40967834
23. Painting, firefighting, and shift work: IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. – Lyon: IARC, 2010. – Vol. 98. – 818 p.
24. Arendt J. Shift work: coping with the biological clock // Occup. Med. – 2010. – 60 (1). – P. 10–20. DOI: 10.1093/occmed/kqp162
25. Eating and shift work – effects on habits, metabolism and performance / A. Lowden, C. Moreno,

U. Holmback, M. Lennernas, P. Tucker // *Scand. J. Work Environ. Health.* – 2010. – 36 (2). – P. 150–162. DOI: 10.2307/40967841

26. Sallinen M., Kecklund G. Shift work, sleep, and sleepiness – differences between shift schedules and systems // *Scand. J. Work Environ. Health.* – 2010. – 36 (2). – P. 121–133. DOI: 10.2307/40967838

27. Eriksen C.A., Kecklund G. Sleep, sleepiness and health complaints in police officers: the effects of a flexible shift system // *Ind. Health.* – 2007. – 45. – P. 279–288. DOI: 10.2486/indhealth.45.279

28. The effects of age and shiftwork on perceived sleep problems: results from the VISAT-combined longitudinal and cross-sectional study / Ph. Tucker, S. Folkard, D. Ansiau, J.-C. Marquie // *Journal of occupational and environmental*

medicine. – 2010. – 52 (4). – P. 392–398. DOI: 10.1097/JOM.0b013e3181d8d9e4

29. Excessive daytime sleepiness among Japanese public transportation drivers engaged in shiftwork / S. Asaoka, K. Namba, S. Tsuiki, Y. Komada, Y. Inoue // *Occup. Environ. Med.* – 2010. – 52. – P. 813–818. DOI: 10.1097/JOM.0b013e3181ea5a67

30. Effects of shift rotation and the flexibility of a shift system on daytime alertness and cardiovascular risk factors / K. Viitasalo, E. Kuosma, J. Laitinen, M. Harma // *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health.* – 2008. – 34 (3). – P. 198–205. DOI: 10.5271/sjweh.1228

31. Puttonen S., Harma M., Hublin C. Shift work and cardiovascular disease – pathways from circadian stress to morbidity // *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health.* – 2010. – 36 (2). – P. 96–108. DOI: 10.2307/40967836

References

1. Chernyi K.A. Problema otsenki i vzaimosvazi aerol'nogo zagriazneniia i aeroionnogo sostava vozdukha rabochei zony [The problem of assessment and interrelation of aerosol pollution and aeroionic composition of air in the work area]. Abstract of Doctor's degree dissertation. Saint Petersburg, 2013, 43 p.

2. Chernyi K.A., Khramov A.V. Sposob snizheniia urovnia napriazhennosti truda i professional'nogo stressa putem korrektsii ionnogo sostava vozdukha rabochei zony [Method for reducing the level of labor intensity and occupational stress by correcting the ion composition of the air in the work area]. *Valeologiia*, 2012, no.1, pp.64–69.

3. Chernyi K.A. Sposob otsenki parametrov sverkhtonkoi fraktsii aerol'nykh chastits v vozdukh [Method for estimating the parameters of the hyperfine fraction of aerosol particles in air]. *Bezopasnost' v tekhnosfere*, 2012, no.2, pp.3–6.

4. Bakirov A.B. Problemy sokhraneniia zdorov'ia trudospobnogo naseleniia v respublike Bashkortostan [Problems of preserving the health of the able-bodied population in the Republic of Bashkortostan]. *Meditcina truda i ekologiia cheloveka*, 2015, no.1, pp.4–5.

5. Valeeva E.T., Karimova L.K., Gimranova G.G. Professional'naia i proizvodstvenno obuslovlennaia patologiia u rabotaiushchikh v sovremennykh neftekhimicheskikh proizvodstvakh [Professional and production conditioned pathology in workers in modern petrochemical industries]. *Agroekologicheskaiia bezopasnost' v usloviakh tekhnogeneza. Mezhdunarodnyi simpozium. Sbornik nauchnykh dokladov.* Kazan', 2006, part 1, pp.129–132.

6. Blagin A.A. Nadezhnost' professional'noi deiatel'nosti operatorov slozhnykh ergaticheskikh sistem [Reliability of professional activity of operators of complex ergatic systems]. Saint Petersburg, Leningradskii gosudarstvennyi universitet im. A.S. Pushkina, 2006, 144 p.

7. Professional'nyi risk dlia zdorov'ia rabotnikov [Professional health risk for workers]. Rukovodstvo. Eds. N.F. Izmerov, E.I. Denisov. Moscow, Trovant, 2003, 448 p.

8. Shibkova D.Z., Ovchinnikova A.V. Effekty vozdeistviia elektromagnitnykh izlucheni na raznykh

urovniakh organizatsii biologicheskikh sistem [Effects of electromagnetic radiation at different levels of organization of biological systems]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia*, 2015, no.5, pp.156–157.

9. Goode J.H. Are pilots at risk of accidents due to fatigue? *Journal of Safety Research*, 2003, vol.34, no.3, pp.309–313. DOI: 10.1016/S0022-4375(03)00033-1

10. Koskinen H., Harma M., Kauppinen T., Tenkanen L. Shift work, occupational noise and physical workload with ensuing development of blood pressure and their joint effect on the risk of coronary heart disease. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 2008, 33 (6), pp.425–434. DOI: 10.5271/sjweh.1170

11. Copertaro A., Bracci M., Barbaresi M., Santarelli L. Importanza dellacirconferenza vita per la diagnosi di sindromemetabolicae per la valutazione del rischiodi cardiovascolareneilavoratori turnisti (Role of waist circumference in the diagnosis of metabolic syndrome and assessment of cardiovascular risk in shift workers). *La MedicinadelLavoro*, 2008, 99 (6), 444–453.

12. Ishizaki M., Nakagawa H., Morikawa Y., Honda R., Yamada Y., Kawakami N. Influence of job strain on changes in body mass index and waist circumference: 6-year longitudinal study. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 2008, 34 (4), pp.288–296. DOI: 10.5271/sjweh.1267

13. Karlsson B., Knutsson A., Lindahl B. Is there an association between shift work and having a metabolic syndrome? Results from a population based study of 27,485 people. *Occupational and Environmental Medicine*, 2001, 58 (11), pp.747–752. DOI: 10.1136/oem.58.11.747

14. Macdonald E.B. Occupational medicine in Europe: Evolution of the profession. WHO/ECEH. Bilthoven, 1999, p. 31.

15. Roach G.D., Rodgers M., Dawson D. Circadian adaptation of aircrew to transmeridian flight. *Aviat. Space Environ. Med.*, 2002, vol. 73, pp.1153–1160.

16. Vishnevskaya N.L., Plahova L.V. The innovative security model of the personnel for hazardous production facilities and psychological problems. *International journal of applied and fundamental research*, 2013, no.2, pp.49.

17. Izmerov N.F., Bukhtiiarov I.V., Denisov E.I. Otsenka professional'nykh riskov dlia zdorov'ia v sisteme dokazatel'noi meditsiny [Assessment of occupational health risks in the system of evidence-based medicine]. *Voprosy shkol'noi i universitetskoi meditsiny i zdorov'ia*, 2016, vol.1, pp.14-20.
18. Maslov N. B., Bloschinskii I.A., Galushkina E.A., Rogovanov D.Iu. Kontseptual'nye podkhody k otsenke funktsional'nogo sostoianiia spetsialistov v protsesse ikh professional'noi deiatel'nosti [Conceptual approaches to the assessment of the functional state of specialists in the process of their professional activities]. *Ekologiya cheloveka*, 2012, no.4, pp.16-24.
19. Vasin A.L. Razrabotka sistemy obobshchennykh pokazatelei dlia kharakteristiki adaptatsionnykh protsessov v organizme pri khronicheskom vozdeistvii elektromagnitnykh polei radiochastot (k probleme normirovaniia fizicheskikh faktorov) [Development of a system of generalized indicators for the characterization of adaptation processes in the body with chronic exposure to electromagnetic fields of radio frequencies: to the problem of normalizing physical factors]. Ph.D. thesis. Moscow, 2008. 166 p.
20. Denisov E.I., Chesalin P.V. Dokazatel'nost' v meditsine truda: printsipy i otsenka svyazi narushenii zdorov'ia s rabotoi [Evidence in the medicine of work: principles and assessment of the relationship between health disorders and work]. *Meditsina truda i promyshlennaia ekologiya*, 2006, no.11, pp.6-14.
21. Vishnevskaiia N.L., Plakhova L.V., Chernyi K.A. Metodicheskie podkhody k otsenke uslovii i opredeleniiu napriazhennosti truda operatorov vysokotekhnologichnykh opasnykh proizvodstv [Methodical approaches to the assessment of conditions and the definition of labor intensity of operators of high-technology hazardous industries]. *Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke*, 2016, vol.18, no.8, pp.69-71.
22. Harma M., Kecklund G. Shift work and health – how to proceed? *Scand. J. Work Environ. Health*, 2010, 36 (2), pp.81–84. DOI: 10.2307/40967834
23. Painting, firefighting, and shift work. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Lyon, IARC, 2010, vol.98, 818 p.
24. Arendt J. Shift work: coping with the biological clock. *Occup. Med.*, 2010, 60 (1), pp.10-20. DOI: 10.1093/occmed/kqp162
25. Lowden A., Moreno C., Holmback U., Lennernas M., Tucker P. Eating and shift work – effects on habits, metabolism and performance. *Scand. J. Work Environ. Health*, 2010, 36 (2), pp.150-162. DOI: 10.2307/40967841
26. Sallinen M., Kecklund G. Shift work, sleep, and sleepiness – differences between shift schedules and systems. *Scand. J. Work Environ. Health*, 2010, 36 (2), pp.121-133. DOI: 10.2307/40967838
27. Eriksen C.A., Kecklund G. Sleep, sleepiness and health complaints in police officers: the effects of a flexible shift system. *Ind. Health*, 2007, 45, pp.279-288. DOI: 10.2486/indhealth.45.279
28. Tucker Ph., Folkard S., Ansiau D., Marquie J.-C. The effects of age and shiftwork on perceived sleep problems: results from the VISAT-combined longitudinal and cross-sectional study. *Journal of occupational and environmental medicine*, 2010, 52 (4), pp.392–398. DOI: 10.1097/JOM.0b013e3181d8d9e4
29. Asaoka S., Namba K., Tsuiki S., Komada Y., Inoue Y. Excessive daytime sleepiness among Japanese public transportation drivers engaged in shiftwork. *Journal of occupational and environmental medicine* 2010, 52, pp.813–818. DOI: 10.1097/JOM.0b013e3181ea5a67
30. Viitasalo K., Kuosma E., Laitinen J., Harma M. Effects of shift rotation and the flexibility of a shift system on daytime alertness and cardiovascular risk factors. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 2008, 34 (3), pp.198-205. DOI: 10.5271/sjweh.1228
31. Puttonen S., Harma M., Hublin C. Shift work and cardiovascular disease – pathways from circadian stress to morbidity. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 2010, 36 (2), pp.96-108. DOI: 10.2307/40967836

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Оценка сочетанного влияния факторов малой интенсивности производственной среды и трудового процесса на работоспособность и ошибочность действий операторов высокотехнологичных энергетических комплексов / Н.Л. Вишневская, Л.В. Плахова, П. Поledняк, А. Бернатик // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2017. – Т.16, №2. – С.183–190. DOI: 10.15593/2224-9923/2017.2.9

Please cite this article in English as:

Vishnevskaiia N.L., Plakhova L.V., Polednak P., Bernatic A. Evaluation of joint effect of factors of small intensity of production environment and labor process on work ability and error of action of operators of high-tech energy complexes. *Perm Journal of Petroleum and Mining Engineering*, 2017, vol.16, no.2, pp.183-190. DOI: 10.15593/2224-9923/2017.2.9