

УДК 622.276:612

Статья / Article

© ПНИПУ / PNRPU, 2018

## ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ОПЕРАТОРОВ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА

Л.В. Плахова, Н.Л. Вишневская, К.А. Черный

Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, Россия, г. Пермь, Комсомольский пр., 29)

## PHYSIOLOGICAL ASPECTS OF HIGH-TECH REFINERY OPERATORS' WORK

Larisa V. Plakhova, Nina L. Vishnevskaya, Konstantin A. Chernyi

Perm National Research Polytechnic University (29 Komsomolskiy av., Perm, 614990, Russian Federation)

Получена / Received: 12.07.2018. Принята / Accepted: 03.09.2018. Опубликовано / Published: 28.09.2018

### Ключевые слова:

работоспособность операторов, синдром монотонии, внутрисменное утомление, умственное напряжение, «физиологическая цена» трудовой деятельности, гипоксия, астения донологического характера.

К основным факторам деятельности операторов высокотехнологичных нефтеперерабатывающих производств относятся: сложность выполняемой человеком работы (темп, характер мыслительных задач); напряженные статические и динамические нагрузки, нерациональный режим труда.

Известно, что снижение работоспособности является результатом воздействия факторов трудового процесса (монотонность внешних раздражителей, продолжительное пребывание в вынужденной рабочей позе, ограничение двигательной активности, относительная изоляция и сенсорная недостаточность), в основе чего лежит развитие торможения в коре больших полушарий и ослабление возбуждительно-ингибиторного процесса. Поступление ожидаемого сигнала связано с переходом к интенсивной деятельности за пультом управления по определенному алгоритму или напряженностью труда оператора в режиме длительного ожидания.

В работе представлены результаты выполненных исследований основных физиологических параметров дыхательной и сердечно-сосудистой систем операторов в процессе 12-часовых рабочих смен. Выполненная оценка подтвердила высокую «физиологическую цену» трудовой деятельности операторов, наблюдаемую в процессе рабочих смен гипоксию миокарда, снижение умственной работоспособности, развитие утомления, следовательно, условия для снижения скорости реакции и возможной ошибочности действий персонала при настоящей организации трудового процесса имеются.

Кроме того, подтверждена вероятность провоцирования негативных изменений здоровья операторов и возможность развития ряда сердечно-сосудистых заболеваний, обусловленных в том числе и производственной деятельностью.

Имеется необходимость разработки индивидуальных стратегий адаптации к трудовому процессу с учетом возрастных и профессиональных особенностей деятельности, а также разработки рациональных внутрисменных режимов труда и отдыха для работающих по 12-часовым рабочим графикам с учетом закономерных изменений фазовости работоспособности с целью оптимизации условий и роста производительности труда.

### Key words:

work ability of operators, monotony syndrome, intra-shift fatigue, mental stress, "physiological cost" of work, hypoxia, asthenia of a prenosological nature.

Work at high-tech refineries is characterized by such the main factors as complexity of workers' duties (pace, nature of mental tasks), intense static and dynamic loads, irrational work regime.

It is known that the decrease in work efficiency is the result of the influence of factors of the labor process (the monotony of external stimuli, long stay in the required working position, restriction of physical activity, relative isolation and sensory insufficiency). That is caused by the development of inhibition in the cerebral cortex and weakening of excitatory process. Arrival of the signal expected is associated with the transition to intensive activities at the control panel according to a specific algorithm or the operator's labor intensity in the long standby mode.

The paper presents results of studies of the basic physiological parameters of the respiratory and cardiovascular systems of operators during 12-hour work shifts. The assessment confirmed the high "physiological cost" of the operators' work activity, myocardial hypoxia observed in the work shift process, reduced mental performance, development of fatigue, therefore, conditions for reducing the reaction rate and possible error actions of the staff in this work process organization.

In addition, the probability of provoking negative changes in the health of operators and possibility of developing a number of cardiovascular diseases, including those caused by production activities, have been confirmed.

There is a need to develop individual strategies to adapt to the labor process, taking into account age and professional features of the activity, as well as the development of rational shift regimes of work and rest for working on 12-hour work schedules taking into account the regular changes in the phase character of working capacity in order to optimize conditions and increase productivity.

**Плахова Лариса Викторовна** – кандидат биологических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности (тел.: +007 952 336 44 80, e-mail: [larisa-2570@mail.ru](mailto:larisa-2570@mail.ru)). Контактное лицо для переписки.

**Вишневская Нина Леонидовна** – доктор медицинских наук, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности (тел.: +007 908 273 01 20, e-mail: [charry14@mail.ru](mailto:charry14@mail.ru)).

**Черный Константин Анатольевич** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности (тел.: +007 902 479 12 11, e-mail: [chernyy\\_k@mail.ru](mailto:chernyy_k@mail.ru)).

**Larisa V. Plakhova** – PhD in Biology, Associate Professor at the Department of Life Safety (tel.: +007 952 336 44 80, e-mail: [larisa-2570@mail.ru](mailto:larisa-2570@mail.ru)). The contact person for correspondence.

**Nina L. Vishnevskaya** (Author ID in Scopus: 6507504628) – Doctor of Medicine, Professor of the Department of Life Safety (tel.: +007 908 273 01 20, e-mail: [charry14@mail.ru](mailto:charry14@mail.ru)).

**Konstantin A. Chernyi** (Author ID in Scopus: 52663143700) – Doctor of Engineering, Professor, Head of the Department of Life Safety (tel.: +007 902 479 12 11, e-mail: [chernyy\\_k@mail.ru](mailto:chernyy_k@mail.ru)).

## Введение

Значение операторского труда постоянно растет в различных областях профессиональной деятельности. Роль человека в управлении технологическими процессами не уменьшается, а приобретает ведущее значение [1–6]. Исследования показывают, что операторская деятельность сопровождается развитием у персонала синдрома монотонии, гипокинезии на фоне напряженной умственной деятельности, при этом высок уровень профессиональной ответственности за возможные ошибочные действия [3, 6–12]. Следует отметить еще одну важную особенность труда операторов – работу в режиме непрерывного ожидания, что осложняет указанные выше состояния работника. Переход на 12-часовые смены усиливает развитие внутрисменного утомления [13–17].

В связи со сказанным выше исследования проблемы умственной работоспособности в различных условиях профессиональной деятельности сохраняют свою актуальность [3, 18–21].

Развивающееся у операторов утомление следует рассматривать как физиологическое состояние после интенсивной и продолжительной трудовой мобилизации организма [22, 23]. Однако особая роль операторского труда связана с необходимостью минимизации возможных ошибочных действий, поскольку доказано, что на фоне утомления число ошибок растет [24–27]. В некоторых исследованиях такой вид утомления диагностируют как астению донозологического или реактивного характера, которая возникает после чрезмерных психических или умственных нагрузок, при нарушении режима труда и отдыха, систематическом недосыпании, адаптации к новым климатическим условиям и др. В литературе это состояние именуется как информационный невроз, синдром менеджера, синдром «белых воротничков» [2, 28–30].

Известно, что острое кислородное голодание является атрибутом напряженной умственной работы, поэтому чем больше функциональных элементов в системе переработки пространственной, визуальной, вербальной информации, тем она будет менее эффективной в условиях действия гипоксии. В связи с изложенным энергетический дефицит в клетках головного мозга, сердечно-сосудистой системы, созда-

ваемый напряженной умственной работой, будет сказываться на умственной работоспособности операторов, поскольку известно, что острое кислородное голодание сопровождается напряженную умственную работу [3, 7, 29, 31, 32].

В общей системе умственной деятельности оперативная память является ключевым и наиболее чувствительным компонентом, определяющим эффективность профессиональной деятельности [33, 34]. При этом изучению механизмов динамики работоспособности и безошибочности действия операторов не уделяется должного внимания [3, 24, 35].

Целью данного исследования является оценка работоспособности операторов по информативным физиологическим параметрам и обоснование возможных способов профилактики утомления работающих.

## Материалы и методы исследования

Исследования выполнены на крупном промышленном предприятии в ходе 12-часовых рабочих смен с участием операторов главного пульта управления. Исследования проводили в группах операторов и начальников смен, всего в них приняли участие 60 человек.

В ходе оценки физиологических параметров организма в динамике рабочих смен определяли сатурацию крови методом пульсоксиметрии, жизненную емкость легких, артериальное давление, частоту сердечных сокращений, динамометрию, рассчитывали эффективность кровообращения (КЭК) и двойное произведение – индекс Робинсона (иР).

Для определения одного из основных показателей нормального функционирования организма – *насыщенности артериальной крови кислородом* – проводили пульсоксиметрию, измерение данного показателя выполнено оборудованием серии MD300C: MD300C2.

Пульсоксиметрия позволяет определить концентрацию кислорода в артериальной крови и частоту пульса. Норма сатурации одинакова для взрослых людей и составляет 95–98 %.

Определение данного параметра имеет некоторые особенности, связанные с тем, что кровь взрослого человека, кроме восстановленного гемоглобина и оксигемоглобина, содержит по крайней мере еще два вида гемоглобина, не участвующих в транспорте кислорода: метгемоглобин (MetHb) и карбокси-

гемоглобин (СОHb). Исключая патологические состояния, эти фракции содержатся в крови в достаточно низких концентрациях: MetHb – 0,2–0,6 %, СОHb – 0–0,8 %. Перегрузочная гипоксия является физиологической и может развиваться при напряженной умственной работе, когда клетки усиленно расходуют кислород. Скорее всего, данное явление можно отнести не к состоянию, а симптому временного снижения содержания в организме кислорода в процессе напряженного умственного труда. Поэтому контроль содержания кислорода можно использовать как показатель динамики утомления в ходе трудовых смен [25, 29, 36].

Косвенно возникновение гипоксии подтверждают расчетные показатели, которые применены нами для наглядной объективной оценки по результатам физиологического обследования работающих в ходе трудовых смен. Среди них – КЭК и индекс Робинсона, или двойное произведение. Коэффициент эффективности кровообращения КЭК – это по сути минутный объем крови, который в норме составляет 2600 мл/мин и увеличивается при утомлении. Расчет показателя, мл/мин, проводится по формуле

$$\text{КЭК} = (\text{СД} - \text{ДД}) \text{ ЧСС},$$

где СД – систолическое значение артериального давления, мм рт. ст.; ДД – диастолическое значение артериального давления, мм рт. ст.

Индекс Робинсона (или двойное произведение, ДП), усл. ед., как показатель, характеризующий механическую деятельность сердца и аппарата кровообращения в целом, косвенно свидетельствует о потреблении миокардом кислорода, он рассчитывается по формуле

$$\text{ДП} = (\text{СД} \cdot \text{ЧСС}) / 100,$$

где СД – систолическое давление, мм рт. ст.; ЧСС – частота сердечных сокращений за 1 минуту, мин<sup>1</sup>. Критерии косвенной оценки двойного произведения: средние значения – от 76 до 89 усл. ед.; выше среднего – 75 и меньше; ниже среднего – 90 и выше.

### Результаты и их обсуждение

Результаты выполненных исследований представлены в таблице. Оценка показателя жизненной емкости легких (ЖЕЛ) у операторов разных отделений показала, что отклонения от

должной ЖЕЛ в пределах  $\pm 3-7$  %, следовательно, данные значения могут расцениваться как нормальная величина, поскольку физиологически значимым следует считать снижение ЖЕЛ до 80 % от должной величины.

Состояние утомления работающих можно установить по ряду физиологических показателей деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем, причем наглядно представить результаты позволяет расчет КЭК и индекса Робинсона. В норме он составляет  $86,8 \pm 15$ . Чем меньше индекс Робинсона, тем выше предельные аэробные потенции и уровень соматического здоровья индивида. В возрастном аспекте он не претерпевает заметных изменений, так как по мере взросления ЧСС падает, а СД возрастает.

Анализ значений индекса Робинсона в таблице показал, что потребление миокардом кислорода в ходе трудовой деятельности операторов претерпевает неблагоприятные изменения. Причем уже в начале дневной и ночной рабочих смен отмечено, что потребление кислорода миокардом ниже среднего нормального уровня, и происходит интенсивное последующее снижение данного показателя к концу 12-часовых рабочих смен. Возможно, данное явление связано с действием выявленных синдромов монотонии и гипокинезии, сопровождающих трудовую деятельность операторов.

Следовательно, расчет индекса Робинсона у изучаемого контингента работающих показал косвенно наличие условий для формирования симптома хронической гипоксии, что в конечном итоге может свидетельствовать о неблагоприятных изменениях сердечно-сосудистой системы и указывать в перспективе на возможное провоцирование развития хронической патологии [2].

Что касается коэффициента эффективности кровообращения, то выполненный расчет свидетельствует о том, что нормальные величины превышены в 1,5–2,0 раза, причем в дневную и в ночную смены, следовательно, утомление, сопровождающее напряженную трудовую деятельность операторов, настолько велико в самом начале рабочей смены и в процессе деятельности, что закономерно может приводить к росту ошибочных действий. При этом ранее мы отмечали повышенные

**Физиологические показатели операторов в ходе рабочих смен и начальников смен  
в процессе трудовой деятельности**

| Отделение         | Смена   | Период смены | Насыщение крови кислородом |                | Жизненная емкость легких, л | Артериальное давление | Индекс Робинсона, мл/мин | КЭЖ  | Пульс, уд/мин | Динамометрия, Н |
|-------------------|---------|--------------|----------------------------|----------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|------|---------------|-----------------|
|                   |         |              | до прогулки                | после прогулки |                             |                       |                          |      |               |                 |
| <i>Операторы</i>  |         |              |                            |                |                             |                       |                          |      |               |                 |
| ПГПН              | Дневная | Начало       | 98                         | 99             | 4,23<br>(норма ± 5 %)       | 153/86                | 108,63                   | 4970 | 71            | 48              |
|                   |         | Окончание    | 98                         | 99             | 4,43<br>(норма ± 3 %)       | 139/81                | 91,74                    | 3828 | 66            | 48              |
|                   | Ночная  | Начало       | 98                         | 99             | 4,6<br>(норма ± 3 %)        | 135/80                | 94,5                     | 3850 | 70            | 46              |
|                   |         | Окончание    | 98                         | 100            | 4,83<br>(норма ± 6 %)       | 132/76                | 88,44                    | 3752 | 67            | 47              |
| ПППН              | Дневная | Начало       | 98                         | 100            | 4,75<br>(норма ± 5 %)       | 135/76                | 87,75                    | 3835 | 65            | 51              |
|                   |         | Окончание    | 98                         | 100            | 4,36<br>(норма ± 4 %)       | 133/76                | 91,77                    | 3933 | 69            | 52              |
|                   | Ночная  | Начало       | 98                         | 100            | 4,87<br>(норма ± 6 %)       | 130/70                | 85,8                     | 3960 | 66            | 50              |
|                   |         | Окончание    | 98                         | 100            | 4,77<br>(норма ± 5 %)       | 127/67                | 80,01                    | 3780 | 63            | 51              |
| <i>Начальники</i> |         |              |                            |                |                             |                       |                          |      |               |                 |
| ПГПН              | Дневная | Начало       | 97                         | 100            | 3,71<br>(норма ± 18 %)      | 134/81                | 95,14                    | 3710 | 71            | 52              |
|                   |         | Окончание    | 98                         | 100            | 4,25<br>(норма ± 5 %)       | 133/81                | 95,76                    | 3744 | 72            | 53              |
|                   | Ночная  | Начало       | 97                         | 99             | 4,2<br>(норма ± 6 %)        | 129/76                | 90,3                     | 3710 | 70            | 49              |
|                   |         | Окончание    | 99                         | 100            | 4,46<br>(норма ± 3 %)       | 145/82                | 94,25                    | 4095 | 65            | 49              |
| ПППН              | Дневная | Начало       | 96                         | 99             | 4,48<br>(норма ± 3 %)       | 116/75                | 84,68                    | 2993 | 73            | 49              |
|                   |         | Окончание    | 97                         | 99             | 3,82<br>(норма ± 16 %)      | 117/74                | 91,26                    | 3096 | 78            | 50              |
|                   | Ночная  | Начало       | 97                         | 99             | 4,37<br>(норма ± 4 %)       | 128/70                | 92,16                    | 4176 | 72            | 50              |
|                   |         | Окончание    | 98                         | 100            | 4,11<br>(норма ± 7 %)       | 130/70                | 97,5                     | 4500 | 75            | 49              |

Примечание: ПГПН – подразделение глубокой переработки нефти; ПППН – подразделение первичной переработки нефти.

требования к результатам профессиональной деятельности, что приводит к особо выраженному напряжению и перенапряжению организма работающих и свидетельствует о высокой «физиологической цене» данного труда [13, 14, 37].

Выявленные изменения работоспособности подтверждены результатами физиологических исследований и показали снижение скорости зрительно-слухомоторной и реакции дифференцировки сигналов, а также рост числа ошибочных действий операторов к концу рабочей смены [14, 37].

При способах переработки пространственной и вербальной информации, предполагающих

больше звеньев (действий), а следовательно, более сложный путь к получению необходимого результата, гипоксия, как и утомляющая когнитивная нагрузка, оказывает более выраженный негативный эффект на показатели умственной работоспособности [1, 19, 27, 36, 38]. Следовательно, гипоксию у изучаемого контингента – операторов, следует расценивать как возможную причину ошибочности действий.

Что касается динамики физиологических реакций организма начальников смен, то представленные результаты возможно соотнести прежде всего с возрастом

обследованных – около 50 лет. Несмотря на общую достаточно стабильную картину физиологических показателей деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной системы, расчетные параметры дают возможность ее объективно представить и оценить. Так, индекс Робинсона показал, что деятельность сердечно-сосудистой системы работающих происходит в условиях дефицита кислорода (гипоксии), причем это явление наблюдается как в дневные, так и ночные смены, а гипоксия миокарда выявляется уже в начале рабочих смен, следовательно, у данного контингента работников присутствует симптом хронической гипоксии. Особых различий, связанных с возрастом обследованных, на этом этапе исследований не выявлено. Коэффициент эффективности кровообращения у начальников смен растет в течение смены на 1–7 % от исходной величины, что свидетельствует об утомлении организма в начале и в процессе труда, но выраженность утомления по сравнению с операторами у начальников смен гораздо ниже. Думается, это связано с адаптацией организма к условиям трудовой деятельности, накоплением опыта, возможным применением индивидуальных способов подготовки к смене (в том числе межсменного и предсменного отдыха).

Стоит отметить различия между фактической и должной ЖЕЛ у начальников смен: отклонения от должных величин составляют от 3 до 18 %. Возможно, и этот показатель играет определенную роль в формировании гипоксии миокарда. Одним из способов профилактики утомления, повышения работоспособности и насыщения крови кислородом следует считать прогулку на воздухе. Нами выполнено исследование сатурации крови в ходе прогулок с заданным числом шагов. При этом установлено, что у всех испытуемых насыщение крови кислородом до 100 % происходило при движении до 350 шагов, причем данное состояние достигалось за 6 минут прогулки (рисунок).

#### Библиографический список

1. Психофизиологические критерии, определяющие работоспособность работников вахтового производства / С.Т. Онаев, Е.А. Балаева, А.А. Исмаилова, Д.С. Курмангалиева, А.Ж. Шадетова // Медицина труда и промышленная экология. – 2012. – № 7. – С. 38–40.

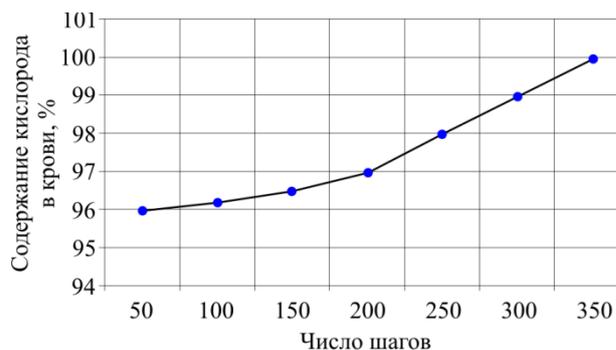


Рис. Содержание кислорода в периферической крови в зависимости от числа шагов во время прогулки

#### Выводы

Выполненные исследования подтвердили высокую «физиологическую цену» трудовой деятельности операторов, наблюдаемую в процессе рабочих смен гипоксию миокарда, снижение умственной работоспособности, развитие утомления, следовательно, условия для снижения скорости реакции и возможной ошибочности действий персонала имеются.

Таким образом, готовность организма к выполнению ответственной напряженной работы оператора высокотехнологичного предприятия, состояние организма в ходе трудовых смен не соответствуют требуемым параметрами и могут сопутствовать ошибкам при выполнении прямых профессиональных обязанностей.

Кроме того, подтверждены вероятность провоцирования негативных изменений здоровья операторов и возможность развития ряда сердечно-сосудистых заболеваний, обусловленных в том числе и производственной деятельностью.

Имеется необходимость разработки индивидуальных стратегий адаптации к трудовому процессу с учетом возрастных и профессиональных особенностей деятельности.

Выполненные исследования свидетельствуют о необходимости разработки рациональных внутрисменных режимов труда и отдыха для работающих по 12-часовым рабочим графикам с учетом закономерных изменений фазовости работоспособности с целью оптимизации условий и роста производительности труда.

2. Costa G. Shift work and occupational medicine: an overview // Occupational Medicine. – 2003. – Vol. 53, № 2. – P. 83. DOI: 10.1093/ocmed/kqg045

3. Intelligence and the frontal lobe: the organization of goal-directed behavior / J. Duncan, H. Emslie, P. Williams,

- R. Johnson, C. Freer // *Cognitive Psychology*. – 1996. – № 30. – P. 257–303. DOI: 10.1006/cogp.1996.0008
4. Спасенников В.В. Психология труда, экономическая психология, эргономика. – М.: PerSe, 2012. – 302 с.
5. Третьяков В.П. «Человеческий фактор» в энергетике как звено обеспечения безопасной работы энергетического объекта // *Человеческий фактор: Проблемы психологии и эргономики*. – 2013. – № 4(67). – С. 136–138.
6. Евенко В.В., Женчевская Н.В., Спасенников В.В. Проблемы объекта в инженерно-психологических и эргономических исследованиях: ретроспективный анализ // *Инновационные методы и модели в экономической психологии, эргономике, производственном менеджменте*. – Брянск, 2013. – С. 35–57.
7. Бороноев В.В. О прогнозе работоспособности человека-оператора // *Вестник Бурятского государственного университета*. – 2005. – № 9. – С. 95–101.
8. Gemelli K.K., Hilleshein E.F., Lautert L. The effect of shift work on the health of workers: a systematic review // *Rev. Gaucha Enferm.* – 2008. – Vol. 29, № 4. – P. 639–646.
9. Strategy for human factors. *Ergonomics: developing the discipline and procession* / I. Dul, R. Bruder, P. Buckle, P. Carayon, P. Falson, W.S. Marras, J.R. Wilson, B.A. Doelen // *Ergonomics*. – 2012. – Vol. 55, № 4. – P. 377–395. DOI: 10.1080/00140139.2012.661087
10. Женчевская Н.В. Оценка динамики работоспособности операторов по электрофизиологическим показателям // *Психология труда, инженерная психология и эргономика 2014: тр. междунар. науч.-практ. конф. / под ред. А.Н. Анохина, П.И. Падерно, С.Ф. Сергеева; Межрегиональная общественная организация «Эргономическая ассоциация»*. – Тверь, 2014. – С. 148–155.
11. Яценко М.В. Влияние факторов внешней среды и индивидуально-типологических особенностей на умственную работоспособность и состояние биоэлектрической активности головного мозга: автореф. дис. ... канд. наук. – Барнаул, 2002. – 22 с.
12. Brain cortical activity is influenced by exercise mode and intensity / Brummer [et al.] // *Med. Sci. Sports Exerc.* – 2011. – Vol. 43, № 10. – P. 1863–1872. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3182172a6f
13. Вишневецкая Н.Л., Черный К.А., Плахова Л.В. Методы описания психофизиологических особенностей операторов автоматизированных комплексов при моделировании процессов влияния человеческого фактора // *Известия ЮФУ. Технические науки*. – 2017. – № 4 (189). – С. 262–270.
14. Оценка сочетанного влияния факторов малой интенсивности производственной среды и трудового процесса на работоспособность и ошибочность действий операторов высокотехнологичных энергетических комплексов / Н.Л. Вишневецкая, 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
15. Klimesch W. Alpha-band oscillations, attention, and controlled access to stored information // *Trends in cognitive sciences*. – 2012. – Vol. 16, № 12. – P. 606–617. DOI: 10.1016/j.tics.2012.10.007
16. Brain processes in emotional perception: motivated attention / H. Schupp, B. Cuthbert, M. Bradley, Ch. Hillman, A. Hamm, P. Lang // *Cognition and emotion*. – 2004. – Vol. 18, № 5. – P. 593–611. DOI: 10.1080/02699930341000239
17. Козлова И.Ю. Профессиональная надежность персонала. Способы оценки // *Материалы итоговой конференции военно-научного общества слушателей и ординаторов I факультета / Военно-медицинская академия*. – СПб., 2007. – С. 63–64.
18. Чернов С.Ю., Батищева Г.А., Гончарова Н.Ю. Актуальные проблемы использования ресурсов здравоохранения для обеспечения «профессионального долголетия» лиц операторских профессий // *Системный анализ и управление в биомедицинских системах*. – 2011. – Т. 10, № 4. – С. 763–769.
19. Влияние гипоксии на умственную работоспособность операторов с различными стратегиями переработки информации в оперативной памяти / В.М. Петрукович, А.О. Иванов, М.В. Зотов, С.И. Федоров // *Вестник СПбГУ*. – 2015. – Сер. 12, вып. 3. – С. 27–37.
20. Brain oscillations in perception and memory / E. Basar, C. Basar-Eroglu [et al.] // *Int. Psychophysiol.* – 2000. – Vol. 35 (2–3). – P. 95–124.
21. Alpha coherence predicts accuracy during a visuomotor tracking task / A.J. Rilk, S.R. Soekadar, P. Sauseng, C. Plewnia // *Neuropsychologia*. – 2011. – Vol. 49, № 13. – P. 3704–3709. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2011.09.026
22. Кулганов В.А. Интегральная оценка функционального состояния и работоспособности операторов // *Труды военно-космической академии им. А.Ф. Можайского*. – 2016. – № 650. – С. 192–198.
23. Dawai S.Z., Taha Z. The effect of job and environmental factors on job satisfaction in automotive industries // *International Journal of Occurational Safety and Ergonomics*. – 2006. – № 3. – P. 138–146. DOI: 10.1080/10803548.2006.11076687
24. Горбов Ф.Д. О «помехоустойчивости» оператора // *Национальный психологический журнал*. – 2011. – № 1. – С. 90–92.
25. Гутянский Г.С. Физиологические методы и способы коррекции функционального состояния и реабилитации оператора (обзор) // *Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики*. – 2017. – № 2 (82). – С. 56–64.
26. Психомоторный тест для исследования зрительно-моторной координации при выполнении монотонной деятельности по прослеживанию цели / В.Б. Дорохов, Г.Н. Арсеньев, Д.В. Захарченко, Т.П. Лаврова, О.Н. Ткаченко, В.В. Дементенко // *Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова*. – 2011. – Т. 61, № 4. – С. 1–9.
27. Козлова И.Ю. Профессиональная надежность персонала. Способы оценки // *Материалы итоговой конференции военно-научного общества слушателей и*

ординаторов I факультета / Военно-медицинская академия. – СПб., 2007. – С. 63–64.

28. Стронгин Г.Л., Якимович Н.В. Как измерить усталость? // *Авиаглобус*. – 2002. – № 10.

29. Qin Y., Ma R.S., Ni H.Y. Locating the impairment of human cognitive function during hypoxia // *Space Med. Med. Eng.* – 2010. – Vol. 14, iss. 3. – P. 218–220.

30. Whitney D., Goodale M.A. Visual motion due to eye movements helps guide the hand // *Exp. Brain Res.* – 2005. – 162(3). – P. 394–400. DOI: 10.1007/s00221-004-2154-0

31. Овчаров В.Е., Якимович Н.В. Повышенное утомление как следствие интенсивной рабочей нагрузки у пилотов двухместных экипажей // Актуальные вопросы медицинского обеспечения безопасности полетов: тез. докл. конф. – Иркутск, 2003. – С. 103–110.

32. Stuss D.N., Knight R.T. Principles of frontal lobe function. – Oxford: Oxford University Press, 2002. – 630 p.

33. Рзаев Д.О., Румянцева Э.Р. Психофизиологическое обоснование гипоксической тренировки с подводным погружением в процессе общефизической подготовки курсантов [Электронный ресурс] // *Современные проблемы науки и образования*. – 2017. – № 5. – URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=27050> (дата обращения: 12.06.2018).

34. Психомоторный тест для исследования зрительно-моторной координации при выполнении

монотонной деятельности по прослеживанию цели 2011 г. / В.Б. Дорохов, Г.Н. Арсеньев, О.Н. Ткаченко, Д.В. Захарченко, Т.П. Лаврова, В.В. Дементенко // *Журнал высшей нервной деятельности*. – 2011. – Т. 61, № 4. – С. 476–484.

35. Чернов С.Ю., Батищева Г.А., Лавлинская Л.И. Влияние условий труда на состояние здоровья лиц операторских профессий // *Системный анализ и управление в биомедицинских системах*. – 2011. – Т. 10, № 4. – С. 961–969.

36. О влиянии гипоксических тренировок на параметры гипоксической устойчивости / В.Н. Голубев [и др.] // Баротерапия в комплексном лечении раненых больных и пораженных: тез. докл. 7-й Всеармейской науч.-практ. конф., 12–13 марта 2009 г. / Военно-медицинская академия. – СПб., 2009. – С. 110–111.

37. 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.

38. Нестеров С.В. Влияние острой экспериментальной гипоксии на мозговое кровообращение и вегетативную регуляцию сердечного ритма у человека: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – СПб., 2004. – 20 с.

#### References

1. Onaev S.T., Balaeva E.A., Ismailova A.A., Kurmangalieva D.S., Shadetova A.Zh. Psikhofiziologicheskie kriterii, opredelyayushchie rabotosposobnost rabotnikov vakhtovogo proizvodstva [Psychophysiological criteria determining performance in shift team workers]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2012, no.7, pp.38-40.

2. Costa G. Shift work and occupational medicine: an overview. *Occupational Medicine*, 2003, vol.53, no.2, pp.83. DOI: 10.1093/ocmed/kqg045

3. Duncan J., Emslie H., Williams P., Johnson R., Freer C. Intelligence and the Frontal Lobe: The organization of goal-directed behavior. *Cognitive Psychology*, 1996, no.30, pp.257-303. DOI: 10.1006/cogp.1996.0008

4. Spasennikov V.V. Psikhologiya truda, ekonomicheskaya psikhologiya, ergonomika [Labor psychology, economic psychology, ergonomics]. Moscow, PerSe, 2012, 302 p.

5. Tretyakov V.P. “Chelovecheskiy faktor” v energetike kak zveno obespecheniya bezopasnoy raboty energeticheskogo obekta [“Human factor” in the energy sector as a link to ensure the safe operation of an energy facility]. *Chelovecheskiy faktor: problemy psikhologii i ergonomiki*, 2013, no.4(67), pp.136-138.

6. Evenko V.V., Zhenchevskaya N.V., Spasennikov V.V. Problemy obekta v inzhenerno-psikhologicheskikh i ergonomicheskikh issledovaniyakh: retrospektivnyy analiz [Object problems in engineering, psychological and ergonomic research: a retrospective analysis]. *Innovatsionnye metody i modeli v ekonomicheskoy psikhologii, ergonomike, proizvodstvennom menedzhmente*, 2013, pp.35-57.

7. Boronoev V.V. O prognoze rabotosposobnosti cheloveka-operatora [On the prediction of the health of a human operator]. *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2005, no.9, pp.95-101.

8. Gemelli K.K., Hilleshein E.F., Lautert L. The effect of shift work on the health of workers: a systematic review. *Rev. Gaucha Enferm.*, 2008, vol.29, no.4, pp.639-646.

9. Dul I., Bruder R., Buckle P., Carayon P., Falson P., Marras W.S., Wilson J.R., Doelen B.A. Strategy for human factors. *Ergonomics*, 2012, vol.55, no.4, pp.377-395. DOI: 10.1080/00140139.2012.661087

10. Zhenchevskaya N.V. Otsenka dinamiki rabotosposobnosti operatorov po elektrofiziologicheskim pokazatelyam [Evaluation of the dynamics of the work ability of operators by electrophysiological indicators]. *Psikhologiya truda, inzhenernaya psikhologiya i ergonomika 2014. Trudy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Ed. A.N. Anokhin, P.I. Paderno, S.F. Sergeev. Tver, Mezhhregionalnaya obshchestvennaya organizatsiya “Ergonomicheskaya assotsiatsiya”, 2014, pp.148-155.

11. Yatsenko M.V. Vliyanie faktorov vneshney sredy i individualno-tipologicheskikh osobennostey na umstvennyuyu rabotosposobnost i sostoyanie bioelektricheskoy aktivnosti golovnogogo mozga [The influence of environmental factors and individual typological features on mental performance and the state of bioelectric activity of the brain]. Abstract of Ph. D. thesis. Barnaul, 2002, 22 p.

12. Brummer et al. Brain cortical activity is influenced by exercise mode and intensity. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 2011, vol.43, no.10, pp.1863-1872. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3182172a6f
13. Vishnevskaya N.L., Chernyy K.A., Plakhova L.V. Metody opisaniya psikhofiziologicheskikh osobennostey operatorov avtomatizirovannykh kompleksov pri modelirovaniy protsessov vliyaniya chelovecheskogo faktora [Methods for describing the psychophysiological characteristics of operators of automated complexes when modeling the processes of influence of the human factor]. *Izvestiya YUFU. Tekhnicheskie nauki*, 2017, no.4 (189), pp.262-270.
14. Vishnevskaya 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
15. Klimesch W. Alpha-band oscillations, attention, and controlled access to stored information. *Trends in cognitive sciences*, 2012, vol.16, no.12, pp.606-617. DOI: 10.1016/j.tics.2012.10.007
16. Schupp H., Cuthbert B., Bradley M., Hillman Ch., Hamm A., Lang P. Brain processes in emotional perception: motivated attention. *Cognition and emotion*, 2004, vol.18, no.5, pp.593-611. DOI: 10.1080/02699930341000239
17. Kozlova I.Yu. Professionalnaya nadezhnost personala. Sposoby otsenki [Professional reliability of staff. Evaluation methods]. *Materialy itogovoy konferentsii voenno-nauchnogo obshchestva slushateley i ordinatov i fakulteta*. Saint Petersburg, Voenno-meditsinskaya akademiya, 2007, pp.63-64.
18. Chernov S.Yu., Batishcheva G.A., Goncharova N.Yu. Aktualnye problemy ispolzovaniya resursov zdravookhraneniya dlya obespecheniya "professionalnogo dolgoletiya" lits operatorskikh professiy [Actual problems of using health care resources to ensure the "professional longevity" of the people who work as operators]. *Sistemnyy analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh*, 2011, vol.10, no.4, pp.763-769.
19. Petrukovich V.M., Ivanov A.O., Zotov M.V., Fedorov S.I. Vliyanie gipoksii na umstvennyuyu rabotosposobnost operatorov s razlichnymi strategiyami pererabotki informatsii v operativnoy pamyati [The impact of hypoxia on the mental performance of operators with different strategies for processing information in short term memory]. *Vestnik SPbGU*, 2015, seriya 12, iss.3, pp.27-37.
20. Basar E., Basar-Eroglu C. et al. Brain oscillations in perception and memory. *Int. Psychophysiol.*, 2000, vol.35 (2-3), pp.95-124.
21. Rilk A.J., Soekadar S.R., Sauseng P., Plewnia C. Alpha coherence predicts accuracy during a visuomotor tracking task. *Neuropsychologia*, 2011, vol.49, no.13, pp.3704-3709. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2011.09.026
22. Kulganov V.A. Integralnaya otsenka funktsionalnogo sostoyaniya i rabotosposobnosti operatorov [Integral assessment of the functional state and work ability of operators]. *Trudy voenno-kosmicheskoy akademii im. A.F. Mozhayskogo*, 2016, no.650, pp.192-198.
23. Dawai S.Z., Taha Z. The effect of job and environmental factors on job satisfaction in automotive industries. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 2006, no.3, pp.138-146. DOI: 10.1080/10803548.2006.11076687
24. Gorbov F.D. O "pomekhoustoychivosti" operatora [About the operator "noise immunity"]. *Natsionalnyy psikhologicheskii zhurnal*, 2011, no.1, pp.90-92.
25. Gutyanskiy G.S. Fiziologicheskie metody i sposoby korrektsii funktsionalnogo sostoyaniya i reabilitatsii operatora (obzor) [Physiological methods and ways to correct the functional state and rehabilitation of the operator (review)]. *Chelovecheskiy faktor: problemy psikhologii i ergonomiki*, 2017, no.2 (82), pp.56-64.
26. Dorokhov V.B., Arsenev G.N., Zakharchenko D.V., Lavrova T.P., Tkachenko O.N., Dementienko V.V. Psikhomotorny test dlya issledovaniya zritelno-motornoy koordinatsii pri vypolnenii monotonnoy deyatelnosti [Psychomotor test for the study of visual-motor coordination in the performance of monotonous target tracking activities]. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatelnosti imeni I.P. Pavlova*, 2011, vol.61, no.4, pp.1-9.
27. Kozlova I.Yu. Professionalnaya nadezhnost personala. Sposoby otsenki [Professional reliability of staff. Evaluation methods]. *Materialy itogovoy konferentsii voenno-nauchnogo obshchestva slushateley i ordinatov i fakulteta*. Saint Petersburg, Voenno-meditsinskaya akademiya, 2007, pp.63-64.
28. Strongin G.L., Yakimovich N.V. Kak izmerit ustalost? [How to measure fatigue?]. *Aviaglobus*, 2002, no.10.
29. Qin Y., Ma R.S., Ni H.Y. Locating the impairment of human cognitive function during hypoxia. *Space Med. Med. Eng.*, 2010, vol.14, iss.3, pp.218-220.
30. Whitney D., Goodale M.A. Visual motion due to eye movements helps guide the hand. *Exp. Brain Res*, 2005, 162(3), pp.394-400. DOI: 10.1007/s00221-004-2154-0
31. Ovcharov V.E., Yakimovich N.V. Povyshennoe utomlenie kak sledstvie intensivnoy rabochey nagruzki u pilotov dvukhmestnykh ekipazhey [High fatigue as a result of intense workload for pilots of two-seater crews]. *Aktualnye voprosy meditsinskogo obespecheniya bezopasnosti poletov. Tezisy dokladov konferentsii*. Irkutsk, 2003, pp.103-110.
32. Stuss D.N., Knight R.T. Principles of frontal lobe function. Oxford, Oxford University Press, 2002, 630 p.
33. Rzaev D.O., Rumyantseva E.R. Psikhofiziologicheskoe obosnovanie gipoksicheskoy trenirovki s podvodnym pogruzheniem v protsesse obshchefizicheskoy podgotovki kursantov [Psychophysiological rationale for hypoxic training with scuba diving in the process of general physical training of

cadets]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2017, no.5, available at: <http://science-education.ru/article/view?id=27050>. (accessed 12 June 2018).

34. Dorokhov V.B., Arsenev G.N., Tkachenko O.N., Zakharchenko D.V., Lavrova T.P., Dementienko V.V. Psikhomotornyy test dlya issledovaniya zritelno-motornoy koordinatsii pri vypolnenii monotonnoy deyatelnosti po proslezhivaniyu tseli 2011 g. [Psychomotor test for the study of visual-motor coordination in the performance of monotonous activities to track the target in 2011]. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatelnosti*, 2011, vol.61, no.4, pp.476-484.

35. Chernov S.Yu., Batishcheva G.A., Lavlinskaya L.I. Vliyanie usloviy truda na sostoyanie zdorovya lits operatorskikh professiy [Influence of working conditions on the health status of operators]. *Sistemnyy analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh*, 2011, vol.10, no.4, pp.961-969.

36. Golubev V.N. et al. O vliyaniy gipoksicheskikh trenirovok na parametry gipoksicheskoy ustoychivosti

[On the effect of hypoxic training on the parameters of hypoxic resistance]. *Baroterapiya v kompleksnom lechenii ranenyykh bolnykh i porazhennykh. Tezisy dokladov 7 Vsearmeyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, 12-13 marta 2009 g.* Saint-Petersburg, Voenno-meditsinskaya akademiya, 2009, pp.110-111.

37. Vishnevskaya N.L., Plakhova L.V., Chernyy K.A. Metodicheskie podkhody k otsenke usloviy i opredeleniyu napryazhennosti truda operatorov vysokotekhnologichnykh opasnykh proizvodstv [Methodical approaches to assessing the conditions and determining the intensity of labor of operators of high-tech hazardous industries]. *Zdorove i obrazovanie v XXI veke*, 2016, vol.18, no.8, pp.69-71.

38. Nesterov S.V. Vliyanie ostroy eksperimentalnoy gipoksii na mozgovoe krovoobrashchenie i vegetativnyuyu regulyatsiyu serdechnogo ritma u cheloveka [Effect of acute experimental hypoxia on cerebral circulation and autonomic regulation of heart rhythm in humans]. Abstract of Ph. D. thesis. Saint-Petersburg, 2004, 20 p.

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Плахова Л.В., Вишнеvская Н.Л., Черный К.А. Физиологические аспекты работоспособности операторов высокотехнологического нефтеперерабатывающего производства // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2018. – Т.18, №1. – С.76–84. DOI: 10.15593/2224-9923/2018.3.7

Please cite this article in English as:

Plakhova L.V., Vishnevskaya N.L., Chernyi K.A. Physiological aspects of high-tech refinery operators' work. *Perm Journal of Petroleum and Mining Engineering*, 2018, vol.18, no.1, pp.76-84. DOI: 10.15593/2224-9923/2018.3.7