

УДК 613.6:612.76

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДИКИ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ГИГИЕНЫ ТРУДА**Красовский В.О., Бадамшина Г.Г., Кашафутдинова Г.И., Галиуллин А.Р.**

ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека». Уфа, Россия

Статья рассматривает некоторые аспекты применения физиологических методик в решении задач гигиены труда. Обсуждаются и/или обосновываются новые понятия производственно-физиологического эксперимента, безвредного стажа, как показателя профессиональных рисков. Приводятся конкретные примеры оценки работоспособности пожарных, работников сменного-вахтового труда в горно-обогатительной фабрике.

Ключевые слова: физиология, гигиена труда.

PHYSIOLOGICAL METHODS USED FOR OCCUPATIONAL HYGIENE PROBLEMS**Krasovskii V.O., Badamshina G.G., Kashafutdinova G.I., Galiullin A.R.**

Ufa Research Institute of Occupational Medicine and Human Ecology, Ufa, Russia

This article considers some aspects of physiological methods used for solving occupational hygiene problems. New concepts of the production and physiological experiment, harmless length of work as an indicator of occupational risks have been discussed. We present specific assessment examples of workability of firefighters, shift workers in the ore-dressing enterprise.

Key words: physiology, occupational hygiene

Если академические науки призваны познавать тайны мироздания, то прикладные науки обобщают практический опыт хозяйствования, опыт предупреждения пожаров и профилактики заболеваний, разработку прогнозов социального развития и т.д. Гигиену однозначно относят к прикладным наукам, поскольку соответствующие исследования в любом её разделе должны тут же предложить практические рекомендации. В сложившейся отечественной системе санитарно-эпидемиологической службы страны гигиена представляет собой научное обобщение санитарной практики. В свою очередь, санитария призвана внедрять в практику санитарного законодательства и контрольно-надзорных мероприятий Роспотребнадзора достижения гигиениче-

ской науки. Прикладные науки (охрана природы, лесное дело и пр.) как правило, в отличие от академических, не имеют собственного, специфического метода исследований и пользуются для решения своих задач методиками других отраслей знания. Так, в гигиенических исследованиях уровни шума измеряем физическими методами, а оцениваем в биологических единицах – децибелах (логарифмы отношения реальных звуков к усреднённому порогу слышимости человека). Санитарно - химический анализ воздуха рабочей среды предполагает оценку загрязнений по отношению к предельно-допустимым концентрациям или к ориентировочно безопасным уровням, обоснованным в экспериментах на животных.

ГИГИЕНА ТРУДА – профилактическая медицинская дисциплина, изучающая условия и характер труда, их влияние на здоровье и функциональное состояние человека и разрабатывающая научные основы и практические меры, направленные на профилактику вредного и опасного действия факторов производственной среды и трудового процесса на работников [1].

Предмет изучения гигиены труда многообразен: санитарные особенности производственных процессов, оборудования и обрабатываемых материалов (сырьё, вспомогательные, промежуточные, конечные продукты, отходы производства), санитарные условия труда (метеорологические факторы, загрязнение воздуха пылью и газами, излучения различного характера, шум, вибрация, ультразвук и т.д.), характер и организация трудовых процессов, изменения физиологических функций в процессе работы, состояние здоровья работников (профессиональные и неспецифические заболевания), гигиеническая эффективность санитарно-технических устройств и установок (вентиляционных, осветительных), санитарно-бытовые устройства и средства индивидуальной защиты.

Охрана труда как наука также занята изучением перечисленного. Однако гигиена труда исследует свой предмет с точки зрения влияния на организм работников. Так, инженер измерит вибрацию в девяти точках самосвала, поскольку его интересует, в первую очередь, надёжность конструкции. Гигиенист измерит вибрацию на полу кабины и на сиденье водителя, так как для него представляет интерес виброгасящие свойства сиденья и состояние (износ) двигателя. Данные такого порядка позволят обосновать необходимость замены сиденья, ремонта двигателя, что оздоровит условия труда водителя самосвала.

ФИЗИОЛОГИЯ ТРУДА – с одной стороны является разделом академической науки – физиологии человека, с другой – это метод промышленной гигиены, решающий множество её задач.

Если нормальная физиология человека устанавливает физиологические критерии оптимального и допустимого функционального состояния на период основного обмена, а патологическая физиология – моделирует нарушение механизмов гомеостаза и развитие болезни, то физиология труда, как высшее знание о работающем человеке, изучает влияние работы и её условий с целью обоснования мероприятий по максимальному продлению трудоспособного периода жизни людей, предупреждению их преждевременного производственного старения и профилактики заболеваний связанных с работой [4, 11].

Терминологический аппарат физиологии труда содержит множество понятий, из которых наиболее важными, по нашему мнению, являются следующие.

Функциональное состояние работника – совокупность свойств и качеств личности, обеспечивающих успешность трудовой деятельности и жизнедеятельность организма [8].

Динамический рабочий стереотип – сеть условно-безусловных рефлексов, формируемая в процессе роста, развития, воспитания, обучения и профессиональной деятельности [8].

Утомление – состояние, сопровождающееся чувством усталости, снижением работоспособности, вызванное интенсивной длительной деятельностью, выражающееся в ухудшении количественных и качественных показателей работы и прекращающееся после регламентированного отдыха [8].

Переутомление - длительно сохраняющееся снижение работоспособности, вызванное чрезмерным рабочим напряжением, продолжавшимся в течение недели, месяцев или лет, и проходящее полностью или хотя бы частично только после длительного отдыха, а иногда только после лечебных мероприятий [8].

Работоспособность – способность выполнять заданную работу, с одной стороны, а с другой - прогностическая величина функциональных возможностей организма (физиологической системы, органа), характеризующаяся количеством и качеством работы при напряжении максимальной интенсивности и/или её длительности [8].

Работоспособность человека постоянно изменяется в зависимости от влияния производственных причин и обстоятельств, его психоэмоционального настроения, напряжённости и тяжести труда, биологических ритмов и т.д.

Известный физиолог О. Граф ещё в 1934 г. предложил физиологическую кривую динамики суточной работоспособности человека [5, 9] обусловленную биологическими ритмами. Наименьшие показатели работоспособности приходятся на три часа ночи, наивысшие на 12 часов дня. Ряд авторов различает периодические циклы изменения способности к трудовой деятельности: годичный, недельный, суточный и внутрисменный [9]. Часовую периодизацию способности к труду можно обнаружить в поведенческих реакциях, двигательной активности студентов, слушающих лекцию. Обнаруживается три фазных состояния, которые сменяют друг друга: вработываемость, периоды устойчивой и неустойчивой работоспособности. Некоторые авторы выделяют и четвёртую фазу – период спада работоспособности, связывая её с развитым утомлением.

Наши многолетние физиолого-гигиенические исследования в 20 нефтеперерабатывающих и нефтехимических производствах (цеха, установки) и в 15 предприятиях других отраслей промышленности (изучены физиологические сдвиги у представителей 18 профессий – 1259 чел. [4, 11]) позволили получить средние длительности указанных периодов работоспособности. Оказалось, что в изученной когорте, в среднем, фаза вработываемости занимает 24-25 % от времени смены (рабочего дня), период устойчивой работоспособности - 30-31 %, неустойчивой способности к работе – 25-26 %. Длительность фазы спада работоспособности, инструментальными методами не выявляется и её размер получен только расчётным путём – эта фаза гипотетически, может занимать не более 18% рабочего времени. Факт обусловлен, с одной стороны, погрешностью измерений, а с другой – особенностями функционального статуса испытуемых [4]. Экстраполяция полученных значений на трудоспособный период обследованных обнаружила, что период вработываемости занимает 10 лет от начала работы в возрасте 18-20 лет (молодой возраст – до 30 лет), устойчивой работоспособности – 12 лет (средний возраст - 30-40 лет) неустойчивой работоспособности – 11 лет (предпенсионный возраст – 40-55 лет). Рассчитанный период спада работоспособности составляет 7 лет. Данный вывод был положен в основу разработанной прогностической модели безвредного стажа [4, 11], в которой показатели функциональных сдвигов в организме работников, определяемые соответствующими методиками, связаны с особенностями действия факторов производственной среды и трудовой деятельности.

Физиология труда применяет самые разнообразные методы исследования. Условно выделим три методических приёма: наблюдение, инструментальное тестирование и статистический анализ.

Наблюдение как метод исследования предполагает применение профессиографических приёмов: хронометраж (сплошной, выборочный, мгновенный), анкетные, опросные методики, изучение документов характеризующих технологические процессы, должностные обязанности работника и пр. Так нам удалось получить достаточно надёжные графики динамики работоспособности у каменщиков на основе наблюдения за скоростью выполнения ведущей трудовой операции "взять кирпич и положить на подготовленное место". Скорость возрастала к 9 часам утра и устойчиво сохранялась до 12 часов и затем снижалась к обеду. После обеда периодичность изменений работоспособности сохранялась. В этих же исследованиях обнаружили, что максимальное мышечное усилие кистей рук каменщиков зависит от сезона года: зимой левая рука сильнее правой, а летом наоборот. Данный факт объясняется тем, что каменщик левой рукой с помощью мастерка берёт раствор, который в холодное время промерзает и становится более тяжёлым, чем летом. Данное обстоятельство следует учитывать в эргономических планах механизации и автоматизации строительных работ.

Таблицы 17 и 18, оценивающие тяжесть и напряжённость труда в известном Руководстве 2.2.2006-05 [12], являются универсальными программами описания трудовой деятельности работников. Однако их основной недостаток заключён в излишней универсализации и унификации: по одной и той же схеме оценивается труд слесарей и руководителей, врачей и инже-

неров.

Инструментальные методики – это разнообразные физиологические и психофизиологические тесты, предназначенные для диагностики работоспособности, функционального состояния человека [2, 5, 9]. Согласно правилу В.Г. Фольборта [10], в любой работе есть профессионально значимые и вспомогательные органы и системы. На этом основании применяемые в исследованиях инструментальные измерения (тесты) можно разделить на те, которые оценивают непосредственное влияние физической нагрузки (динамометрические методики), интеллектуальной нагрузки (определяемые психофизиологическими методиками) и состояние вспомогательных органов и систем (пульс, артериальное давление, кожная чувствительность, температура кожи лба и ладони, жизненная ёмкость лёгких и пр.).

Назовём эти тесты "косвенными показателями работоспособности", поскольку результаты их применения зависят, в первую очередь, от желания работника участвовать в исследованиях и поэтому во многом субъективны.

Для снижения доли субъективности зачастую применяем психологические способы, имеющие цель заинтересовать испытуемого в эксперименте. Кроме того, используем объединение результатов субъективных тестов с прямыми (объективными) показателями работоспособности. Логично в качестве объективных характеристик способности к труду использовать возраст, общий стаж работы, срок работы в занимаемой должности. Будем называть их "объективными показателями работоспособности".

Для расчёта показателя интегральной (объединённой) работоспособности применяем алгоритм предложенный

И.А. Саповым [8]:

$$A = \frac{\sum R_{xy1} * \frac{a1}{a2}}{\sum R_{xy2} * \frac{a1}{a2}} * \frac{1}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

где: А - интегральный показатель работоспособности (или утомления) к концу работы, n - количество взятых тестов (параметров, показателей, индексов), a1 - среднее значение косвенных физиологических данных перед (в начале) работой, a2 - среднее значение косвенных физиологических данных после (в конце) работы, Rxy1,2 - коэффициенты корреляции между объективными и субъективными параметрами работоспособности, соответственно, в начале ("до") и в конце ("после") работы.

Используемые нами, рассчитываемые по формуле 1, зависимости между объективными (прямыми) и косвенными индексами работоспособности - это признаки, которые отражают первичное воздействие факторов производственной среды и трудового процесса, а также адаптированность к ним работников. Связи между этими показателями (мерами) закономерно изменяются в течение трудоспособного периода. Так, вычисления зависимостей между субъективными и объективными показателями по формуле 1 позволили оценить изменения в отношении уровня работоспособности обследованных лиц (1259 чел.) к тому уровню, который требует выполняемая работа, что и обосновало определение понятия безвредного стажа.

Оказалось, что в молодом возрасте (вработываемость) наблюдается выработка профессиональных компетенций, снижающая потребности организма в поддержании требуемого работой напряжения функционального состояния. В зрелом возрасте (30 – 39 лет - фаза устойчивой работоспособности) обнаруживается оптимум между требованиями работы и физиологическими тратами. В предпенсионном возрасте (неустойчивая фаза) напряжение в динамическом рабочем стереотипе возрастает из-за

сопротивления организма к процессам старения.

С наших позиций безвредный стаж работы - срок трудовой деятельности, в течение которого высокий исходный уровень работоспособности индивидуума снижается до среднего уровня, определяемого требованиями данного рабочего места, и не наступает реализация вероятности производственно-обусловленных и профессиональных болезней, а также сохраняется адаптированность к условиям труда и выполняемой работе. При этом производственные вредности и иные факторы риска, включая имеющиеся соматические заболевания различной этиологии, не мешают работнику исполнять свои обязанности должным образом [4, 11]. Это понятие обосновывает прогностическую профилактику (предупреждение болезней от работы на знании сроков их возникновения) и является своеобразной характеристикой профессионального риска.

Считаем, что специфическим методом физиологии труда является "производственный физиолого-гигиенический эксперимент", понятие о котором признаётся не всеми авторами [4]. С наших позиций, физиолого-гигиенический производственный эксперимент представляет комплекс методик для гигиенического изучения факторов производственной среды и трудовой деятельности в параллельном (одномоментном) исследовании динамики функционального состояния организма работающих физиологическими методами с последующей статистической обработкой полученных материалов в заданном алгоритме для установления экспериментальных (опытных) зависимостей между однозначными гигиеническими оценками и интегральными оценками функциональной динамики организма работающих.

Разработанная нами собственная методика физиолого-гигиенического эксперимента [4] обоснована в первую очередь представлениями академика В.Г. Фольборта и профессора И.А. Сапова [6, 7, 10]. Так, работы И.А. Сапова с соавторами позволяют конкретизировать разницу между утомлением и переутомлением. Показатель физиологической функции может меняться на конец работы в трёх направлениях: увеличиваться, уменьшаться или же оставаться на прежнем уровне. Если изменения размеров индексов находятся в пределах доверительных границ от исходного фона, то такой результат характерен для утомления (физиологические изменения восстанавливаются после регламентированного отдыха), если за границами – переутомление (не восстанавливаются). Если показатель функции на конец смены, рабочего дня не изменяется, то следует утвер-

ждать, что изучаемая функция либо не используется в труде или же достаточно тренирована, и её использование не вызывает значимых напряжений в физиологических системах, обеспечивающих работу.

Рисунок 1 характеризует функциональные изменения на конец суточной вахты у бойцов противопожарных караулов. Для его формирования использовали косвенные показатели работоспособности, полученные в производственном физиолого-гигиеническом эксперименте на базе противопожарной части. Увеличение или уменьшение индекса функций на рисунке 1 отмечено разным цветом и буквами А (увеличение) и В (уменьшение). Отсутствие разницы между начальными и конечными индексами той или иной функции отмечено литерой "О" без штриховки (закраски) ячейки.

Увеличение		А		Уменьшение		В		Отсутствие изменений		О								
Тесты	№№ Карт физиологического обследования испытуемых																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Динамометрические тесты																		
Мп	А	О	А	В	В	В	В	В	В	В	В	В	А	В	В	А	В	В
Мл	В	О	А	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	А	В	В
Сс	В	А	В	О	О	В	В	В	В	В	О	В	А	В	В	О	В	В
Мв	А	О	В	А	В	В	В	В	В	В	В	В	А	А	В	В	В	В
Психофизиологические тесты																		
Хрс	А	А	А	В	А	А	А	В	А	А	В	А	А	А	В	В	В	В
Хра	А	А	А	А	А	А	А	В	В	А	А	А	А	А	А	В	А	А
Ткл	А	А	А	В	А	А	А	В	В	В	В	В	А	А	А	А	А	А
Вспомогательные тесты																		
Пс	В	О	В	О	В	В	В	В	В	А	В	А	А	В	А	А	В	О
Адв	О	В	В	О	О	В	В	В	В	В	В	А	О	В	В	О	В	А
Адн	В	В	О	В	О	О	В	О	О	В	В	А	О	В	В	О	О	О
Кч	В	А	О	А	В	В	В	В	В	В	В	В	А	В	В	В	В	А
Жел	А	В	А	В	В	В	В	В	В	В	В	А	В	О	В	В	В	В

Рисунок 1. Развёрнутая "мозаика" функциональных изменений у бойцов противопожарных караулов. Условные обозначения тестов: Мп, Мл - максимальное мышечное усилие правой и левой кисти, Сс - станова сила, МВ - максимальное время статической выносливости, Хра, Хрс - анализ хронорефлексометрических показателей по амплитуде и средней ряда на 10 световых сигналов, Ткл - тест колец Ландольта, Пс - частота пульса, Адв, Адн - величины верхней и нижней границы артериального давления, Кч - дискриминационная кожная чувствительность, Жел - жизненная ёмкость лёгких.

Из рисунка 1 следует, что в группе функций, показатели которых измеряются динамометрическими методами, из 72 индексов только 7 оказываются на уровне исходного фона. Данный факт указывает на высокую физическую нагрузку и её переносимость обследованными лицами. Только пять испытуемых из восемнадцати достаточно подготовлены (тренированы) к выполнению физической работы пожарных. Средний возраст этих лиц – 25 лет, а средний возраст всех обследованных 29,5 лет. Изменения в психофизиологических функциях, определяемые скоростью зрительно-моторной реакции и скоростью усвоения зрительной информации, свидетельствуют об их напряжении у всех испытуемых, что объясняется особенностями работы по ликвидации пожаров. В отношении вспомогательных функций - у двенадцати из восемнадцати обследованных лиц они достаточно адаптированы к обеспечению профессиональной деятельности.

В целом, описанные факты отражают мозаику тормозно-возбудительных процессов в коре головного мозга, что дало основание для названия рисунка – "мозаика функциональных изменений".

Если показатели функции выходят за пределы доверительных границ начального значения, то этот факт следует расценивать, как переутомление (физиологические изменения не восстанавливаются после регламентированного отдыха). Рассмотрим с этих позиций график на рисунке 2.

Этот рисунок характеризует изменения в работоспособности сменно-вахтовых работников горно-обогатительного производства, труд которых организован следующим образом: вахта длится 15 суток,

организованы две бригады – дневная и ночная, смена длится 12 часов с часовым обеденным перерывом. Этот график был рекомендован Росстроем [3,13] для строительных работ в районах Крайнего Севера.

Задача физиолого-гигиенического эксперимента в горно-обогатительной фабрике состояла в оценке соответствия принятого режима труда и отдыха функциональным возможностям работников, которые предьявляет профессиональная работа.

Исследования проводили на одних и тех же лицах. Изучена функциональная динамика в 150 человеко-сменах. Применили 12 субъективных тестов (динамометрических - 4, психофизиологических - 3, вспомогательных - 5).

Ломаная линия на графике рисунка 2 получена путём вычисления разницы между исходными и конечными значениями (в начале и в конце смены) каждого теста с последующим суммированием этой разницы в относительных единицах. По вертикальной оси графика проставлены значения этой разности, по горизонтальной оси – номера пятнадцати суток с двумя сменами.

Линейная интерпретация ломанной кривой начальной и конечной разницы совокупности пятнадцати тестов (в условных единицах) может быть описана линейной функцией с уравнением:

$$Y = 9,871 - 0,776 x$$

Это означает, что с каждой сменой работоспособность снижается на 0,776 усл.ед. с нарастающим итогом. Надёжность аппроксимации (приближения к реальности) определена всего 3%, что позволяет оценивать выявленную зависимость как "тенденцию".

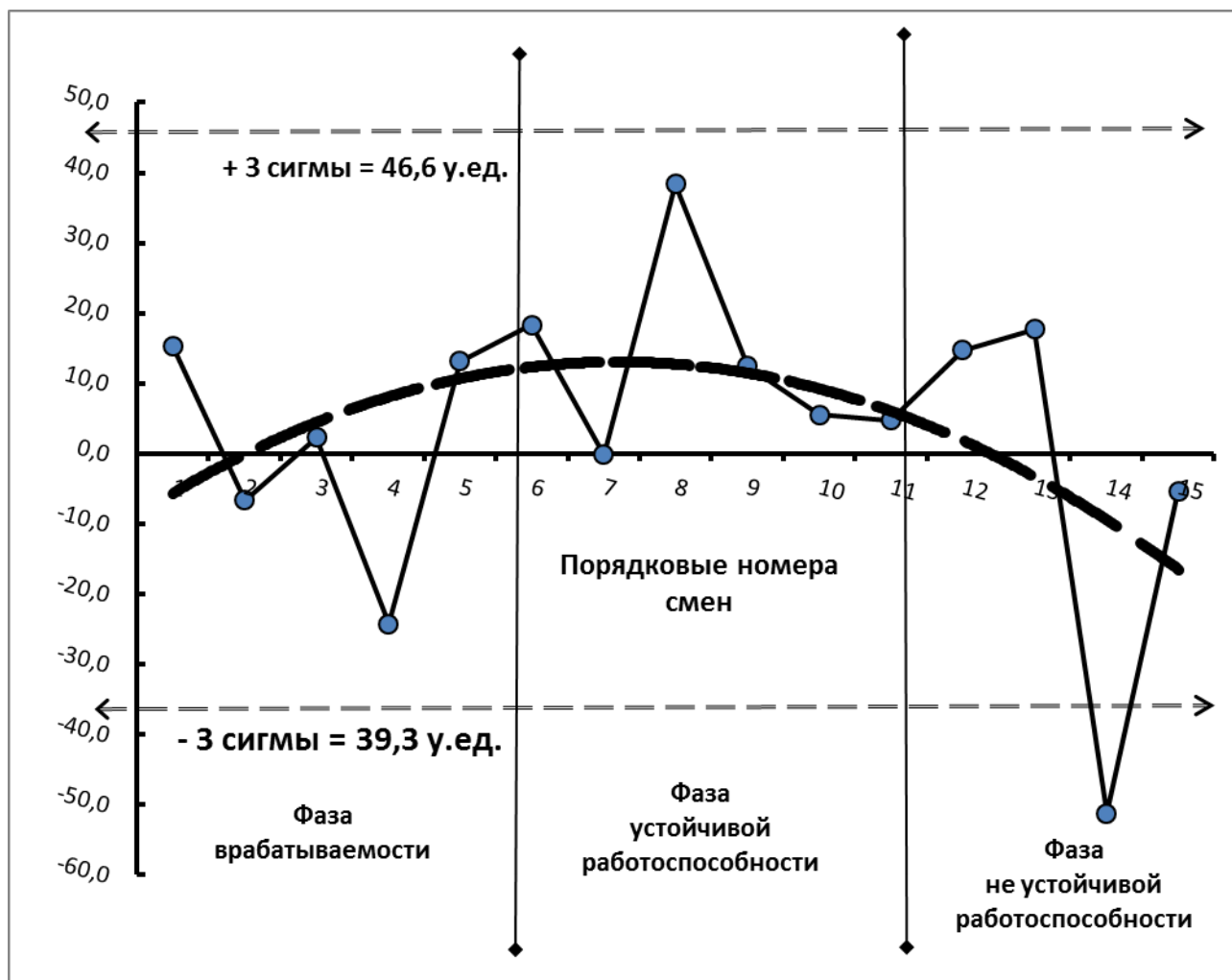


Рисунок 3. Изменение показателей работоспособности у работников сменно - вахтового труда в горно-обогатительном производстве (150 чел., 29 смен).

Более убедительные результаты даёт полином второй степени ($y = -0,4861x^2 + 7,0013x - 12,164$). Коэффициент аппроксимации равен 20%. На куполообразной полиномиальной кривой обсуждаемого графика можно выделить три периода: вработываемости (до 5 – 6 дня вахты), устойчивой работоспособности (до 11 – 12 дня вахты), фазы неустойчивой работоспособности и спада работоспособности. Последний период характеризуется тем, что конечные показатели совокупности тестов работоспособности предпоследней смены выходят за доверительные границы в три сигмы (показаны горизонтальными пунктирными линиями).

Таким образом, обсуждаемый рисунок

характеризует физиологическую переносимость обследованных лиц к работе по указанному сменно-вахтовому режиму труда и отдыха. Наличие признаков переутомления в конце вахтовой ротации обусловлено тем, что принятый график достаточно хорошо переносят работники до 40 лет. Так, анкетный опрос [3] показал, что работники старше 40 лет субъективно плохо переносят 12-часовую работу и длительность вахты.

Данное обстоятельство потребовало, наряду с управленческими решениями по оптимизации условий труда и организации производственного контроля, введение возрастного ценза для приёма на работу по обсуждаемому режиму труда. Отметим, что отказ в приёме на работу по состоянию

здоровья не является нарушением прав работника на труд. В связи с этим были предложены соответствующие рекомендации по организации профессионального осмотра, критерии допуска к вахтовым работам.

Заключение.

Физиологический метод является полезным для решения многообразных задач гигиены труда, которые предполагают управленческие решения по оптимизации условий труда в конкретных производствах, по максимальному продлению трудоспособного периода жизни людей, предупреждению их преждевременного производственного старения, профилактики заболеваний, связанных с работой, повышению производительности труда.

Список литературы:

1. Алексеев С.В. Гигиена труда: Учебник для студентов санитарно-гигиенических факультетов медицинских институтов/ С. В. Алексеев, В. Р. Усенко. М.: Медицина, 1988. 576 с.
2. Горшков С.И. Методы исследований в физиологии труда / С. И. Горшков, З. М. Золина, Ю. В. Мойкин. М.: Медицина, 1974. 311 с.
3. Гигиеническая оценка профессиональных рисков (на примере профессиональных рисков сменно-вахтовых работников горно-обогатительной фабрики) / В.О. Красовский, З.С. Терегулова, Б.Ф. Терегулов, Г.И. Кашафутдинова: URL: <http://www.LjubljKnigi.ru>. Дата обращения: 10.10.2013: Lap Lambert Academic Publishing/2013 – 145 с. ISBN: 978-3-659-36497-6
4. Красовский В.О. Прогноз безвредного стажа работающих во вредных условиях / под науч. ред. Проф. Г.Г. Максимова // LAP LAMBERT Academic Publishing is a trademark of: OmniScriptum GmbH & Co. KG. - 2014 – 233 с. - URL: <http://www.LjubljKnigi.ru>. (дата обращения: 10.10.2014). ISSN 978-659-59365-9
5. Руководство по физиологии труда / под ред. З.М. Золиной, Н.Ф. Измерова. М. Медицина, 1983, 528 с.
6. Сапов И.А. Неспецифические механизмы адаптации человека / И.А. Сапов, А.Г. Новиков Ленинград. Наука, 1984. 375 с.
7. Сапов И. А. Состояние функций организма и работоспособность моряков / И.А. Сапов, А.С. Солодков Л.: Медицина, Ленинградское. отделение, 1980. 192 с.
8. Термины и критерии физиологии труда в разработках по охране труда и эргономике: методические рекомендации / сост.: К.М. Смирнов. Л., 1981. 46 с.
9. Физиология трудовой деятельности. Спб. Наука, 1993. 525 с.
10. Фольборт Г.В. Пути моих исследований / Г.В. Фольборт // Вопросы физиологии процессов утомления и восстановления. Киев, 1958. С. 3 - 5.
11. Красовский В.О. Физиолого - гигиеническая диагностика безвредного стажа по условиям труда / под научн. ред. Г.Г. Максимова; Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека. Уфа. 2003. 237 с.
12. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда : Руководство : Р. 2.2.2006-05 : Утверждено Гл. гос. санитарным врачом РФ 29 июля 2005 г. – Москва. 2006.
13. Методические рекомендации для определения затрат, связанных с осуществлением строительно-монтажных работ вахтовым методом // Письмо Росстроя от 4 апреля 2007 г. № СК-1320/02. – Москва. – 2007