

EDN: <https://elibrary.ru/ucmzmb>DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-9-594-600>

УДК 613.6; 613.7

Коллектив авторов, 2022

Сорокин Г.А., Чистяков Н.Д.

Продолжительность производственно обусловленной усталости как критерий оценки рабочей нагрузки и причина хронических заболеваний работающих

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, ул. 2-я Советская, 4, Санкт-Петербург, 191036

Введение. Разработчики систем управления риском утомления на рабочих местах отмечают, что не существует универсального определения и согласованного способа измерения рабочей нагрузки, и что взаимосвязь между рабочей нагрузкой и усталостью изучена недостаточно.

Цель исследования — анализ влияния рабочей нагрузки, оцениваемой по продолжительности состояния производственно обусловленной усталости работников, на их субъективное здоровье и риск хронических заболеваний.

Материалы и методы. В исследовании принимали участие работники трёх сфер занятости: здравоохранение (697 работников), промышленность (751), образование (687). Определялись 4 показателя риска нарушения субъективного здоровья работников в течение года: наличие синдрома хронического утомления (R_{cy}), ухудшения здоровья работника в течение года (R_{yz}), длительные болезни в течение года ($R_{дб}$), кумуляции усталости в течение года ($R_{ку}$). Анализировались заболевания, выявленные при периодическом медицинском осмотре. Рассчитывался показатель $ЧУ_{нед}$ — продолжительность состояния усталости — «часов усталости за рабочую неделю»: $ЧУ_{нед} \text{ (час)} = ПРН \text{ (час)} \times K_{cy} \times K_{ку}$, где: ПРН (час) — фактическая продолжительность рабочей недели; K_{cy} и $K_{ку}$ — коэффициенты, учитывающие степень и частоту усталости. Рассчитывался относительный риск (RR).

Результаты. Установлено, что при $ЧУ_{нед}$ более 25 часов в неделю в 108 выборочных группах работников в 25 случаях RR превышал контрольный уровень более, чем в 5 раз; в 44 группах сравнения в 2,1–5 раз и в 35-х группах в 1,1–2,0 раза. При $ЧУ_{нед}$ более 25 часов наблюдается годовая кумуляция утомления ($R_{ку}$), схожая у работников всех сфер занятости. При $ЧУ_{нед} > 15$ час RR хронических заболеваний костно-мышечной, дыхательной, нервной систем и кожи был в диапазоне 1,31–1,83. RR заболеваний мочеполовой системы (женщины) и эндокринной системы возрастал в 1,13 раза; заболеваний гипертонией, болезней органов пищеварения, зрительной системы $RR \div 1,05–1,07$.

Заключение. Показатель $ЧУ_{нед}$ является физиологическим эквивалентом профессиональной нагрузки работников различных сфер занятости. При $ЧУ_{нед} > 25$ часов наблюдается резкое увеличение рисков здоровью.

Ключевые слова: профессиональная нагрузка; производственная усталость; продолжительность усталости; кумуляция усталости; допустимая доза усталости; физиологический эквивалент нагрузки; субъективное здоровье; риски хронических заболеваний; физиологический предел

Для цитирования: Сорокин Г.А., Чистяков Н.Д. Продолжительность производственно обусловленной усталости как критерий оценки рабочей нагрузки и причина хронических заболеваний работающих. *Мед. труда и пром. ecol.* 2022; 62(9): 594–600. <https://elibrary.ru/ucmzmb> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-9-594-600>

Для корреспонденции: Сорокин Геннадий Александрович, старший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, д-р биол. наук. E-mail: sorgen50@mail.ru

Участие авторов:

Сорокин Г.А. — концепция и дизайн исследования, ответственность за целостность всех частей статьи, сбор данных литературы, статистическая обработка, написание текста;

Чистяков Н.Д. — сбор материалов наблюдений.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Дата поступления: 30.09.2022 / Дата принятия к печати: 03.10.2022 / Дата публикации: 23.10.2022

Gennadiy A. Sorokin, Nikolay D. Chistyakov

The duration of work-related fatigue as a criterion for assessing the workload and the cause of chronic diseases of workers

North-Western Scientific Center of Hygiene and Public Health of Rosпотребнадзор, 2-ya Sovetskaya St., St. Petersburg, 191036

Introduction. The developers of fatigue risk management systems in the workplace note that there is no universal definition and a consistent way to measure workload, and that scientists have not sufficiently studied the relationship between workload and fatigue.

The study aims to analyze the impact of the workload, estimated by the duration of the state of production-related fatigue of workers, on their subjective health and the risk of chronic diseases.

Materials and methods. The study involved employees in three areas of employment: healthcare (697 employees), industry (751), education (687). Experts have determined four indicators of the risk of violation of the subjective health of employees during the year: the presence of chronic fatigue syndrome (R_{cf}), deterioration of employee health during the year (R_{dh}), long-term illnesses during the year (R_{li}), fatigue accumulation during the year (R_{fa}). We have analyzed the diseases detected during periodic medical examination. The researchers have calculated the HF_{week} indicator — the duration of the fatigue state — "hours of fatigue per working week": $HF_{week} \text{ (hour)} = PRN \text{ (hour)} \times K_{df} \times K_{df}$, where: PRN (hour) is the actual duration of the working week; K_{df} and K_{df} are coefficients that take into account the degree and frequency of fatigue. We also have calculated the relative risk (RR).

Results. The researchers have found that with more than 25 hours per week in 108 sample groups of workers in 25 cases, RR exceeded the control level by more than 5 times; in 44 comparison groups by 2.1–5 times and in 35 groups by 1.1–2.0 times.

With a HF_{week} of more than 25 hours, there is an annual accumulation of fatigue (R_{fa}), similar in workers of all spheres of employment. At $HF_{week} > 15$ hours, the RR of chronic diseases of the musculoskeletal, respiratory, nervous systems and skin was in the range of 1.31–1.83. The RR of diseases of the genitourinary system (women) and endocrine system increased by 1.13 times; diseases of hypertension, diseases of the digestive system, visual system $RR \div 1,05$ –1,07.

Conclusion. The HF_{week} indicator is the physiological equivalent of the professional workload of employees in various fields of employment. With $HF_{week} > 25$ hours, there is a sharp increase in health risks.

Keywords: professional load; work fatigue; duration of fatigue; fatigue accumulation; permissible dose of fatigue; physiological equivalent of load; subjective health; risks of chronic diseases; physiological limit

For citation: Sorokin G.A., Chistyakov N.D. Duration of work-related fatigue as a criterion for assessing workload and the cause of chronic diseases of workers. *Med. truda i prom. ecol.* 2022; 62(9): 594–600. <https://elibrary.ru/ucmzmb> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-9-594-600> (in Russian)

For correspondence: Gennady A. Sorokin, Senior Researcher at the Department of Risk Analysis of Public Health of the North-Western Scientific Center of Hygiene and Public Health of Rospotrebnadzor, Dr. of Sci. (Biol.). E-mail: sorgen50@mail.ru

Information about the authors: Sorokin G.A. <https://orcid.org/0000-0002-1297-5476>
Chistyakov N.D. <https://orcid.org/0000-0003-1881-3432>

Contribution:

Sorokin G.A. — concept and design of the study, responsibility for the integrity of all parts of the article, collection of literature data, statistical processing, writing the text;

Chistyakov N.D. — collection of observation materials.

For citation: Sorokin G.A., Chistyakov N.D. The duration of work-related fatigue as a criterion for assessing the workload and the cause of chronic diseases of workers.

Funding. The study had no funding.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Received: 30.09.2022 / Accepted: 03.10.2022 / Published: 23.10.2022

Введение. Специалисты различных наук о труде свыше 150 лет занимаются вопросами о рабочей нагрузке и производственном утомлении работников, включая его субъективное выражение — усталость [1, 2]. В настоящее время интенсивно разрабатываются системы управления риском утомления на рабочих местах [3–9]. Вместе с тем, в руководстве по изучению роли и источников усталости работников авиационной индустрии, где она является ведущей причиной их надежности, констатируется, что не существует универсального определения или согласованного способа измерения рабочей нагрузки, что взаимосвязь между рабочей нагрузкой и усталостью изучена недостаточно и что мало исследований влияния рабочей нагрузки на усталость [3]. В исследованиях [10–12], посвящённых этому вопросу, предложены: способ измерения рабочей нагрузки по сочетанию физиологической интенсивности труда с продолжительностями рабочего дня и рабочей недели и способ интегральной оценки усталости по её продолжительности в течение рабочего дня и недели. Однако применение этих способов ограничено режимами с постоянной рабочей нагрузкой и частотой усталости по ходу рабочей недели и месяца. Кроме того, не рассмотрены отдаленные последствия влияния взаимосвязи рабочей нагрузки и усталости на здоровье работников [13].

Цель исследования — анализ влияния рабочей нагрузки, оцениваемой по продолжительности состояния производственно обусловленной усталости работников, на их субъективное здоровье и риск хронических заболеваний.

Материалы и методы. В исследовании принимали участие работники трёх сфер занятости, проходивших в СЗНЦ гигиены и общественного здоровья обязательный медицинский осмотр согласно приказу Минздрава РФ от 28.01.2021 г. № 29н и стандартизированный медико-экологический опрос: здравоохранение (группа «медицина»): 697 работников медицинских организаций, 638 женщин, 114 мужчин, средний возраст в группе $46,3 \pm 0,3$ года; промышленность: 751 работник промышленных предприятий, 116 женщин и 635 мужчин, сред-

ний возраст $46,5 \pm 0,9$ лет; образование: 687 преподавателей, ассистентов, доцентов, профессоров университета, 362 женщины, 325 мужчин, средний возраст $49,7 \pm 1,1$ года.

По данным анкетирования определялись 4 показателя риска нарушения субъективного здоровья работников в течение года:

1 — риск наличия синдрома хронического утомления ($P_{сху}$), обобщающего степень выраженности и частоту семи его наиболее распространенных симптомов: головные боли, головокружение, боли в области сердца, нарушение аппетита и сна, раздражительность, тревожность [2];

2 — риск ухудшения здоровья работника в течение года ($P_{уз}$);

3 — риск длительно, более 2-х недель, болеть в течение года ($P_{дб}$);

4 — риск кумуляции усталости в течение года ($P_{ку}$).

В анкете каждого работника указывались коды хронических заболеваний, выявленных при периодическом медицинском осмотре. Анализировался риск следующих 10 классов хронических заболеваний: системы кровообращения (гипертония, $P_{гб}$), органов пищеварения ($P_{жкт}$) и дыхания ($P_{ок}$), мочеполовой ($P_{мпс}$) и костно-мышечной ($P_{кмс}$) систем, кожи и подкожной клетчатки ($P_{кж}$), нервной ($P_{нс}$) и эндокринной ($P_{эс}$) систем, зрительной системы ($P_{зс}$) и болезней уха, горла, носа ($P_{ути}$). При установлении величины риска случаем системного заболевания считалось одно или несколько заболеваний определенного класса.

Помимо указанных показателей у каждого работника фиксировались профессия, возраст, пол и стаж работы; продолжительность рабочей недели в часах; степень обычной усталости на работе по шкале: 0 — отсутствует, 1 — небольшая, 2 — умеренная, 3 — большая; частота усталости: 1 — никогда, 2 — редко, 3 — иногда (несколько раз в месяц), 4 — часто (2–3 раза в неделю, 5 — ежедневно; влияние на усталость свободного вне рабочего времени (шкала: 1 — не влияет, 2 — мало влияет, 3 — умеренно влияет, 4 — сильно влияет, 5 — очень сильно влияет). Работники указывали в часах величину свободного вне рабочего времени в рабочие дни и в выходные.

В качестве физиологического эквивалента рабочей нагрузки использовалась продолжительность состояния усталости — «часов усталости за рабочую неделю» ($ЧУ_{нед}$, час). При разработке формулы $ЧУ_{нед}$ учитывалось, что при умеренной степени усталости её продолжительность во время работы и после её окончания равна продолжительности рабочего дня [10]. Показатель $ЧУ_{нед}$ рассчитывается по формуле:

$$ЧУ_{нед} (\text{час}) = \text{ПРН} (\text{час}) \times K_{cy} \times K_{чy} \quad (1),$$

где ПРН (час) фактическая продолжительность рабочей недели;

K_{cy} (час) — коэффициент, учитывающий степень усталости: 0,53 — небольшая усталость; 1 — умеренная усталость; 1,63 — большая усталость;

$K_{чy}$ — коэффициент, учитывающий частоту усталости: $K_{чy}=1$ при ежедневной усталости; 0,6 — частой усталости, 2–3 раза в неделю; 0,3 — усталость иногда (несколько раз в месяц); 0,15 — редко.

При статистическом анализе влияния продолжительности усталости на показатели субъективного здоровья и риск хронических заболеваний использовались квинтильные категории $ЧУ_{нед}$: 1-я — диапазон минимальных значений $ЧУ_{нед}$, 0–20 перцентили; 2-я — 21–40; 3-я — 41–60; 4-я — 61–80; 5-я — наибольшие значения $ЧУ_{нед}$, — 81–100 перцентили. В **таблице 1** представлены статистические характеристики квинтилей $ЧУ_{нед}$.

Каждому критерию здоровья работника приписывалось значение 0 или 100: 100 — если у работника выявлено нарушение здоровья; 0 — если нарушения не выявлено. Абсолютный риск здоровью (R) определялся как отношение числа лиц с выявленным нарушением здоровья к общему количеству лиц в обследуемой группе. Также по каждому критерию состояния здоровья в группе работни-

ков определялся относительный риск RR нарушения здоровья (отношение R при $ЧУ_{нед} > 9,7$ час, к значению при $ЧУ_{нед} \div 4,8–9,7$ час) и его статистический диапазон — 95-ти процентная вероятность нахождения в нём RR . Для показателей субъективного здоровья RR определялся как соотношение частоты нарушения здоровья в группе с повышенными $ЧУ_{нед}$ (2–5 квинтили) к частоте нарушений при 1-м квинтиле $ЧУ_{нед}$. Для показателей хронических заболеваний RR определялся относительно частоты заболеваний при 2–3 квинтилях $ЧУ_{нед}$, так как при 1-м квинтиле $ЧУ_{нед}$ частота некоторых заболеваний повышена. В случаях различия возраста в группах сравнения рассчитывались линейные регрессии « R — возраст», которые использовались для коррекции R .

Результаты. В **таблице 2** приведены данные о среднем возрасте обследованных работников разных сфер занятости, необходимые для учета возрастного фактора при анализе влияния продолжительности усталости на риски здоровью. Видно, что в группах «промышленность» и «здравоохранение» статистических различий нет. В группе «образование» возраст работников 5-го квинтиля $ЧУ_{нед}$ достоверно меньше, чем у работников 1-го квинтиля.

В **таблице 3** представлены данные об относительных рисках здоровью работников при превышении продолжительности состояния усталости 4,8 часа в неделю (группы с $ЧУ_{нед}$ 2–5 квинтилей). Всего RR проанализирован в 108 выборочных группах работников: 3 сферы занятости работников $\times$ 9 показателей риска здоровью $\times$ 4 квинтиля продолжительности усталости. Из приведенных данных следует, что при продолжительности состояния усталости более 25 часов в неделю в 25 группах сравнения RR превышал контрольный уровень более, чем в 5 раз; в 44 группах сравнения в 2,1–5 раз и в 35-х группах в 1,1–2,0 раза. В 3-х группах сравнения не выявлено влияния $ЧУ_{нед}$ на показатели субъективного здоровья ($RR=1,0$). В одном случае

Таблица 1 / Table 1

Статистические характеристики квинтилей продолжительности состояния усталости ($ЧУ_{нед}$)
Statistical characteristics of the quintiles of the duration of the fatigue state (HF_{week})

Квинтили $ЧУ_{нед}$	Количество человек (средний возраст, лет)	Статистические характеристики $ЧУ_{нед}$ (часов в неделю)				
		Минимум	Максимум	Среднее значение	Ошибка среднего	Среднеквадратичное отклонение, σ
1	419 (47,8 $\pm$ 0,7)	0,2	4,7	2,5	0,1	1,1
2	409 (47,7 $\pm$ 0,7)	4,8	9,7	7,1	0,1	0,7
3	487 (48,8 $\pm$ 0,6)	9,8	14,5	12,3	0,2	1,8
4	428 (48,9 $\pm$ 0,8)	14,6	25,5	20,6	0,3	3,3
5	417 (48,2 $\pm$ 0,8)	25,6	107,5	49,9	1,1	10,3

Таблица 2 / Table 2

Средний возраст обследованных работников разных сфер занятости при разных квинтилях продолжительности усталости

Average age of the surveyed workers in different fields of employment with different quintiles of fatigue duration

Квинтили часов усталости	Образование		Промышленность		Здравоохранение	
	Человек	Возраст	Человек	Возраст	Человек	Возраст
1	132	51,1 $\pm$ 1,1	150	45,7 $\pm$ 1,0	140	51,7 $\pm$ 1,5
2	132	49,6 $\pm$ 1,2	147	45,8 $\pm$ 1,1	137	50,5 $\pm$ 1,4
3	143	49,2 $\pm$ 1,1	152	47,4 $\pm$ 0,9	141	49,5 $\pm$ 1,1
4	122	49,3 $\pm$ 1,3	151	47,7 $\pm$ 1,4	141	49,9 $\pm$ 1,4
5	133	47,4 $\pm$ 1,1	150	46,3 $\pm$ 1,5	138	49,3 $\pm$ 1,1

Таблица 3 / Table 3

Относительный риск нарушений здоровья работников при различной продолжительности состояния их усталости по данным опроса**Relative risk of health disorders of workers with different duration of their fatigue state according to the survey data**

Показатели риска	Сфера занятости	Квинтили продолжительности усталости (часов за неделю)				
		1-й <4,8 (2,4±1,0)**	2-й 4,8–9,7 (6,5±0,7 час)	3-й 9,8–14,5 (13,0±1,8)	4-й 14,6–25 (18,7±2,4 час)	5-й >25 (42,1±12,8)
		Относительный риск (RR, %)				
Ухудшение здоровья за год	Медицина	1 (6,2%) ⁺	4,2 (1,7–10,6)	5,3 (2,1–4,3)	16,2 (6,9–37,8)	9,0 (3,7–21,4)
	Промышленность	1 (7,7%)	1,1 (0,4–2,1)	2,6 (1,4–4,4)	3,3 (1,7–6,3)	5,1 (2,8–9,4)
	Образование	1 (6,7%)	1,4 (0,6–3,5)	3,8 (1,8–8,1)	5,0 (2,4–10,3)	6,8 (3,4–13,7)
Накопление усталости за год	Медицина	1 (16,1%)	2,3 (1,3–4,0)	3,2 (1,9–5,5)	4,6 (2,7–7,7)	5,10 (3,0–8,4)
	Промышленность	1 (10,5%)	2,5 (1,4–4,2)	4,5 (2,8–7,3)	6,2 (3,8–10)	7,4 (4,6–11,9)
	Образование	1 (7,7%)	4,9 (2,5–9,6)	9,0 (4,7–17)	10,2 (5,4–19)	11,9 (6,3–22)
Болезни более 2-х недель за год	Медицина	1 (18,5%)	1,1 (0,5–1,7)	1,6 (0,7–2,3)	1,7 (0,9–3,0)	2,0 (1,2–3,4)
	Промышленность	1 (14,2%)	1,3 (0,8–2,3)	1,4 (0,8–2,3)	1,1 (0,5–2,0)	2,5 (1,5–4,2)
	Образование	1 (3,4%)	2,9 (0,9–8,9)	4,9 (1,7–14)	7,6 (2,7–21)	7,9 (2,8–21,8)
Синдром хронической усталости	Медицина	1 (8,6%)	1,2 (0,5–3,1)	2,0 (0,8–4,5)	2,5 (1,1–5,8)	5,4 (2,6–11,3)
	Промышленность	1 (3,1%)	1,6 (0,5–5,1)	2,4 (0,8–6,6)	4,9 (1,8–13)	5,6 (2,0–15,7)
	Образование	1 (2,7%)	3,3 (0,9–11)	5,6 (1,7–18)	10,9 (3,4–34)	19,8 (6,3–18)
Головные боли*	Медицина	1 (21,0%)	1,8 (1,1–3,0)	2,3 (1,4–3,7)	2,6 (1,6–4,1)	2,7 (1,7–4,3)
	Промышленность	1 (14,2%)	1,2 (0,7–2,1)	1,3 (0,8–2,2)	1,1 (0,5–2,0)	1,9 (1,1–3,4)
	Образование	1 (3,0%)	1,7 (0,5–5,7)	2,1 (0,6–6,9)	1,3 (0,4–4,9)	4,3 (1,5–12,5)
Неприятные ощущения в области сердца**	Медицина	1 (9,9%)	1,1 (0,4–2,6)	1,1 (0,4–2,6)	2,0 (0,9–4,6)	2,2 (1,0–4,7)
	Промышленность	1 (3,1%)	2,1 (0,7–6,2)	1,8 (0,6–5,2)	1,0 (0,2–4,8)	5,0 (1,7–14,4)
	Образование	1 (0,9%)	1,0 (0,1–15,8)	1,9 (0,1–20)	3,3 (0,3–31)	10,3 (1,3–9,5)
Нарушения сна**	Медицина	1 (3,7%)	1,2 (0,3–5,1)	2,5 (0,7–8,9)	2,9 (0,8–10)	4,6 (1,4–15,2)
	Промышленность	1 (2,4%)	2,0 (0,6–6,9)	2,3 (0,7–7,3)	3,0 (0,8–10)	4,2 (1,2–14,4)
	Образование	1 (1,7%)	1,0 (0,1–6,9)	1,4 (0,2–8,3)	1,1 (0,1–7,6)	3,5 (0,7–16,9)
Расстройства аппетита, пищеварения*	Медицина	1 (3,7%)	1,2 (0,2–5,1)	2,5 (0,7–8,9)	2,9 (0,8–10)	4,6 (1,4–15,2)
	Промышленность	1 (2,4%)	2,0 (0,6–6,9)	2,3 (0,7–7,3)	3,0 (0,8–10)	4,2 (1,2–14,4)
	Образование	1 (1,7%)	1,0 (0,1–6,9)	1,4 (0,2–8,3)	1,1 (0,2–7,6)	3,5 (0,7–16,9)
Тревожность**	Медицина	1 (1,2%)	1,8 (0,2–19)	0,7 (0,1–12)	5,6 (0,6–46)	10,7 (1,4–80)
	Промышленность	1 (1,2%)	1,2 (0,2–8,4)	1,0 (0,2–7,0)	2,3 (0,3–16)	5,6 (1,1–30,2)
	Образование	1 (3,4%)	0,3 (0,1–2,1)	1,0 (0,2–3,6)	1,4 (0,3–4,9)	4,6 (1,6–13,2)

Примечания: * — 1–2 раза в неделю; ** — чаще, чем 1–2 раза в неделю; + — в 3 столбце в скобках указана частота нарушения здоровья среди обследованных работников (абсолютный риск, R, %); в столбцах 4–7 в скобках указан статистически достоверный интервал RR. ** — среднее значение $\text{ЧУ}_{\text{нед}}$ и её статистическая ошибка.

Notes: * — 1–2 times a week; ** — more often than 1–2 times a week; + — in column 3, the frequency of health disorders among the surveyed workers is indicated in parentheses (absolute risk, R, %); in columns 4–7, the statistically confidence interval RR is indicated in parentheses; ** — the average value of HFweek and its statistical error.

(показатель тревожности) при повышении $\text{ЧУ}_{\text{нед}}$ до 2-го квинтиля (4,8–9,7 часа) наблюдается понижение RR до 0,3. Однако это понижение статистически недостоверно.

В группах работников разных сфер занятости был исследован риск «ухудшения здоровья в течение года» ($P_{\text{уз}}$). В целом динамики нарастания $P_{\text{уз}}$ при увеличении продолжительности усталости схожи. При пятикратном увеличении $\text{ЧУ}_{\text{нед}}$ в 4–5 раз возрастает $P_{\text{уз}}$. У работников здравоохранения риск ухудшения здоровья за год при $\text{ЧУ}_{\text{нед}}$ выше 9,8 часа в 1,1–1,3 раза выше, чем у работников образования и промышленности.

Отмечено возрастание риска «кумуляции усталости в течение года» ($P_{\text{ку}}$) при увеличении продолжительности

состояния усталости. У работников образования $P_{\text{ку}}$ возрастает незначительно — до 10% при увеличении продолжительности усталости до 25 часов в неделю. При $\text{ЧУ}_{\text{нед}}$ более 25 часов наблюдается 4-кратный рост $P_{\text{ку}}$ у работников здравоохранения и промышленности; риск годового накопления усталости многократно выше, чем у работников образования.

Распределение суммы 4-х показателей рисков нарушения субъективного здоровья за год ($P_{\text{сху}}$, $P_{\text{уз}}$, $P_{\text{доб}}$, $P_{\text{ку}}$) составило: 35,2% обследованных работников не имеет ни одного показателя риска; 28,7% — 1 показатель; 19,4% — 2 показателя; 11,1% — 3 показателя и 5,5% обследованных имеет все 4 показателя рисков.

Таблица 4 / Table 4

Относительный риск хронических заболеваний по данным медосмотра работников с различной продолжительностью состояния усталости (часов в неделю)**Relative risk of chronic diseases according to the medical examination of workers with different duration of fatigue (hours per week)**

Физиологические системы	Квintили продолжительности усталости				
	1-й <4,8 (2,4±1,0 час)*	2-й 4,8–9,7 (6,5±0,7 час)*	3-й 9,8–14,5 (13,0±1,8 час)*	4-й 14,6–25 (18,7±2,4 час)*	5-й >25 (42,1±12,8 час)*
Сердечно-сосудистая (ГБ)	0,95 (0,80–1,12)	1,00 ()		1,06 (0,92–1,20)	
Дыхательная	1,62 (0,81–3,27)	1,00 (4,09%)		1,36 (0,73–2,52)	
Желудочно-кишечная	0,91 (0,62–1,32)	1,00 (11,9%)		1,05 (0,74–1,49)	
Мочеполовая (женщины)	0,76 (0,46–1,26)	1,00 (27,6%)		1,13 (0,78–1,63)	
Костно-мышечная	1,4 (0,88–2,1)5	1,00 (11,53%)		1,42 (0,88–2,30)	
Кожа	0,71 (0,35–1,45)	1,00 (5,4%)		1,26 (0,63–2,50)	1,45 (0,77–2,74)
Эндокринная	0,97 (0,83–1,13)	1,00 (48,4%)		1,08 (0,93–1,25)	1,13 (0,99–1,28)
Зрительная	1,1 (0,94–1,36)0	1,00		1,07 (0,89–1,28)	
Нервная	0,60 (0,33–1,07)	1,00 (9,3%)			1,83 (1,17–2,86)
Ухо, горло, нос	1,01 (0,77–1,32)	1,00 (21,0)			0,98 (0,71–1,38)

Примечание: * — среднее значение $ЧУ_{нед}$ и её статистическая ошибкаNote: * — the average value of HF_{week} and its statistical error

В **таблице 4** представлены данные об относительных рисках хронических заболеваний работников при различной продолжительности состояния усталости. Повышение риска хронических заболеваний костно-мышечной, дыхательной, нервной систем и кожи было в диапазоне 1,3–1,83. Риск заболеваний мочеполовой системы (женщины) и эндокринной системы возрастал в 1,13 раза. Риск заболеваний гипертонией, болезнями органов пищеварения, зрительной системы увеличивался только в 1,05–1,07 при 4-м и 5-м перцентилях $ЧУ_{нед}$. Возрастания риска отоларингологических болезней при повышении $ЧУ_{нед}$ не выявлено.

Анализ связи частоты различных хронических заболеваний с показателями нарушения субъективного здоровья показал, что наибольшая связь наблюдается для показателя «ухудшение здоровья за год» года ($P_{уз}$). При этом симптоме относительный риск заболеваний сердечно-сосудистой системы увеличивается в 1,21 раз (1,08–1,34), в том числе риск гипертонической болезни в 1,27 раза (1,11–1,45); желудочно-кишечных заболеваний в 1,85 раза (1,41–2,42); мочеполовых болезней в 1,62 раза (1,27–2,01); нервных заболеваний в 2,15 раза (1,54–2,99); эндокринных нарушений — в 1,25 раза (1,13–1,38).

Изучены данные о риске заболеваний, диагностированных оториноларингологом ($P_{уог}$) у работников здравоохранения, образования и промышленности при разной продолжительности состояния усталости. У работников промышленности $P_{уог}$ наиболее высок, при этом наблюдается следующая закономерность: минимальное значение $P_{уог}$ при 1-м квинтиле $ЧУ_{нед}$ (<4,8 час), максимальное $P_{уог}$ при 5-м квинтиле (>25 час), а в диапазоне $ЧУ_{нед}$ 4,8–25 часов в неделю значение $P_{уог}$ не меняется. У работников здравоохранения $P_{уог}$ повышен, как при минимальном, так и максимальном значениях $ЧУ_{нед}$.

Изучен риск эндокринных нарушений ($P_{эн}$) у работников при разной продолжительности усталости. В данных работников разных сфер занятости прослеживается общая закономерность — повышение $P_{эн}$ при увеличении продолжительности усталости свыше 10 часов в не-

делю. Наибольшие значения $P_{эн}$ наблюдаются у работников здравоохранения; наименьшие — у работников промышленности.

Корреляция продолжительности рабочей недели (ПРН, час) и продолжительности состояния усталости (часов в неделю, $ЧУ_{нед}$) составила у женщин 0,49, у мужчин — 0,72. Регрессионный анализ показал, что влияние $ЧУ_{нед}$ на показатели годового субъективного здоровья в 1,5 раза больше, чем ПРН. Установлено достоверное и существенное влияние $ЧУ_{нед}$ на свободное вне рабочее время работников. Распределение свободного вне рабочего времени в будние дни составило: 30,8% — более 2-х часов; 47,3% — 1–2 часа; 14,6% — 0,5–1 час; 7,3% — менее 0,5 часа. В выходные дни распределение составило: 71,9% — более 4 часов; 19,7% — 2–4 часа; 4,5% — 1–2 часа; 3,8% — менее 1 часа. При $ЧУ_{нед}$ <4,8 час на недостаток или отсутствие свободного времени указали 6,6±2,2,4% работников; при $ЧУ_{нед}$ — 4,8–9,7 час — 8,2±2,5%; при $ЧУ_{нед}$ — 9,8–14,5 — 14,9±3,2%; при $ЧУ_{нед}$ — 14,6–25 час — 18,9±3,7%; при $ЧУ_{нед}$ >25 час — 47,9±4,6% работников.

Обсуждение. Относительный риск нарушения субъективного здоровья в 5 и более раз наблюдается у 23% обследованных работников при $ЧУ_{нед}$ более 25 часов в неделю (**табл. 2**). При $ЧУ_{нед}$ ÷ 14,6–25 часов такие высокие значения RR наблюдаются в 3 раза реже — у 6,5% работников. Полученные данные свидетельствуют, что $ЧУ_{нед}$ одновременно является интегральным универсальным показателем профессиональной нагрузки и критерием для оценки источника производственных рисков здоровью человека. Распределение суммы рисков 4-х показателей нарушения субъективного здоровья за год ($P_{сху}$, $P_{уз}$, $P_{аб}$, $P_{ку}$) свидетельствует о том, что выявленные закономерности влияния на них продолжительности состояния усталости работников не обусловлены большой долей лиц, одновременно имеющих 3–4 симптома, доля которых составила всего 16,3%. 53,9% обследованных работников не имели ни одного или один показатель риска. Следовательно, полученные значения $P_{сху}$, $P_{уз}$, $P_{аб}$, $P_{ку}$ характеризуют популяционный риск, а не долю уязвимых, ослабленных лиц в об-

следуемых группах работников. Зависимость риска «ухудшения здоровья за год» ($P_{уз}$) от квинтилей $ЧУ_{нед}$ близка к линейной, прямопропорциональной. Можно полагать, что установленный многократно пониженный риск кумуляции усталости в течение года ($P_{ку}$) при 1–4 квинтилях $ЧУ_{нед}$ у преподавателей университета (группа «образование») обусловлен большей возможностью регулировать трудовую нагрузку и особенностью годового режима труда, позволяющего организму восстанавливаться в период между учебными сессиями. Однако чрезмерная нагрузка при $ЧУ_{нед}$ более 25 часов в неделю не позволяет компенсировать усталость и приводит к её годовой кумуляции, как и у работников других сфер занятости. Резкий рост $P_{ку}$ университетских работников при $ЧУ_{нед}$ более 25 часов в неделю характеризует физиологический диапазон профессиональной адаптации человека, превышение которого не компенсируют внутригодовые периоды пониженной рабочей нагрузки.

Повышение относительных рисков хронических заболеваний (*табл. 3*) при увеличении продолжительности усталости многократно меньшее, чем рост RR по большинству показателей субъективного здоровья за год (*табл. 2*). Можно полагать, что $P_{сху}$, $P_{уз}$, $P_{аб}$, $P_{ку}$ характеризуют амплитуду годовых колебаний показателей здоровья при повышенных значениях $ЧУ_{нед}$ в текущем году, а показатели RR хронических болезней, выявленных при медосмотре, отражают различия в тенденциях ухудшения здоровья человека с возрастом, которые зависят не только и не столько от профессиональной нагрузки в текущем году, но и от многолетнего воздействия других факторов (образа жизни, экологической обстановки, генетических). Кроме того, особенностью RR некоторых хронических заболеваний (дыхательная, костно-мышечная и зрительная системы) является увеличение относительного риска при минимальных значениях $ЧУ_{нед}$ менее 4,8 часа в неделю (*табл. 3*). Этот факт отражает закономерность одной из поведенческих адаптаций человека с ослабленным здоровьем — избегание повышенных профессиональных нагрузок [2].

Установлен факт, что влияние продолжительности состояния усталости ($ЧУ_{нед}$) на показатели годового субъективного здоровья в 1,5 раза больше, чем продолжительность рабочей недели (ПРН). Эти различия воздействия $ЧУ_{нед}$ и ПРН на здоровье работников можно считать относительно небольшим, учитывая значительно больший диапазон изменения показателей здоровья $P_{сху}$, $P_{уз}$, $P_{аб}$, $P_{ку}$ при возрастании $ЧУ_{нед}$. Этим обстоятельством можно объяснить широкое использование показателя «продолжительность рабочей недели» в исследованиях профессиональных рисков без учета физиологической интенсивности и напряженности трудового процесса [14–16].

Существенное возрастание относительного риска нарушений здоровья при продолжительности усталости бо-

лее 25 часов в неделю служит основанием для использования этой величины как граничного значения. Она близка к ранее установленным значениям $ЧУ_{нед} \div 20\text{--}24$ час в неделю для работ с постоянным значением коэффициента частоты усталости: $K_{чy}=1$ при ежедневной усталости в *формуле 1* [10]. Первоисточником рисков здоровью является накопление дефицита отдыха [17–20], возникающее при превышении физиологически допустимых значений $ЧУ_{нед}$ когда следы острой производственной усталости не исчезают из-за недостаточности периодов восстановления организма человека между суточными и недельными профессиональными нагрузками. Можно прогнозировать эти случаи. Например, среднее значение $ЧУ_{нед}$ при его 5-м квинтиле составляет 42 часа (*табл. 2*). Установлено, что $\frac{1}{3}$ $ЧУ$ приходится на послерабочее время [10]. Таким образом, работник должен в течение рабочей недели располагать 28-ю часами для отдыха ($42 \times 0,67 = 28$). По данным наших исследований, 25% работающих в рабочие дни располагают после работы 2 часами свободного времени, которое можно использовать для отдыха, за 5 рабочих дней — 10-ю часами. У этих работников свободное время в выходной день составляло 4 часа, за два выходных дня — 8 часов. Таким образом, фактическая суммарная длительность свободного внерабочего времени — 18 часов в неделю — составляет 0,64 (18/28) от величины, необходимой для избегания кумуляции усталости. Необходимо снизить $ЧУ_{нед}$ с 42 до 27 часов, чтобы избежать накопления усталости при свободном времени 18 часов. Приведенный пример показывает, что «допустимая доза производственной усталости» непосредственно зависит от величины свободного нерабочего времени, имеющегося у работников. С другой стороны, недельная продолжительность состояния производственной усталости непосредственно зависит от профессиональной нагрузки, определяемой по сочетанию физиологической интенсивности труда с продолжительностью рабочего дня и недели [10, 11]. Таким образом, регулирование $ЧУ_{нед}$ проводится одновременно, используя параметры режима труда и режима внерабочего времени.

Заключение. Продолжительность состояния усталости за рабочую неделю целесообразно рассматривать как физиологический эквивалент профессиональной нагрузки на человека и как критерий для оценки источника рисков производственно обусловленных заболеваний. Величина $ЧУ_{нед}$ более 25 часов в неделю является физиологическим пределом работоспособности человека в масштабе месячного, и тем более годового периода («допустимая доза усталости»). Регулирование продолжительности состояния производственной усталости следует проводить, используя одновременно параметры режима труда — сочетание интенсивности с длительностью рабочего дня и недели — и параметры режима внерабочего времени, включая свободное время.

Список литературы

1. Конради Г.П., Слоним А.Д., Фарфель В.С. Физиология труда. М.-Л.: Биомедгиз; 1934.
2. Сорокин Г.А. Работа, утомление и профессиональный риск. Изд. Политехнического университета, СПб; 2016.
3. Fatigue Management Guide for Air Traffic Service Providers. 2016. <https://www.icao.int/safety/fatiguemanagement/Documents/FMG%20for%20ATSPs%20FINAL.pdf>
4. Fourie C. et al. Fatigue Risk Management Systems: A Review of the Literature. September 2010 London: Clockwork Research Ltd, Department for Transport. Available from: <http://www.clockworkresearch.com/publications/2010b>. (дата обращения 05.07.2022).
5. Steven E., etc. Fatigue Risk Management in the Workplace. JOEM. 2012; 54(2): 231–58.
6. Sargent C. et al. The Relationships between Human Fatigue and Public Health: A Brief Commentary on Selected Papers from the 9th International Conference on Managing Fatigue in Transportation, Resources and Health. Int. J. Environ. Res.

- Public Health*. 2016; 13(9): 842. <https://doi.org/10.3390/ijerph13090842>
7. Transportation, Resources and Health. *Int J Environ Res Public Health*. 2016; 24(13(9)): 842. <https://doi.org/10.3390/ijerph13090842>
 8. Fatigue risk management system process guide. 15 January 2020 https://mtt.gov.bh/sites/default/files/frms_process_guide.pdf
 9. Сорокин Г.А., Суслов В.Л. Системы управления риском усталости на рабочих местах и их актуальность для предприятий судостроения. *Судостроение*. 2022; 2: 61–4.
 10. Сорокин Г.А. Хронофизиологическое исследование профессионально-обусловленной усталости. *Физиология человека*. 2008; 6: 70–7.
 11. Сорокин Г.А. Нормирование напряженности труда по его продолжительности, плотности и темпу. *Мед. труда и пром. экол.* 2001; 10: 28–32.
 12. Сорокин Г.А., Шилов В.В. Оценка годового прироста риска нарушения здоровья работников при высокой интенсивности труда. *Гигиена и санитария*. 2020; 6: 618–23. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-6-618-623>
 13. Conway S.H. et al. The Identification of a Threshold of Long Work Hours for Predicting Elevated Risks of Adverse Health Outcomes. *Am J Epidemiol*. 2017; 186(2): 173–3.
 14. Rugulies R et al. The effect of exposure to long working hours on depression: A systematic review and meta-analysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury. *Environ Int*. 2021; 155: 106629. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106629>
 15. Kivimäki M. et al. Long working hours and risk of coronary heart disease and stroke: a systematic review and meta-analysis of published and unpublished data for 603 838 individuals. *Lancet*. 2015; 386: 1739–46.
 16. Ervasti J. et al. Long working hours and risk of 50 health conditions and mortality outcomes: a multicohort study in four European countries. *The Lancet Regional Health. Europe*. 2021; 11: 100212.
 17. Jansen N.W. et al. Need for recovery in the working population: description and associations with fatigue and psychological distress. *Int J Behav Med*. 2002; 9(4): 322–40.
 18. Croon E.M. et al. Psychometric properties of the Need for Recovery after work scale: test-retest reliability and sensitivity to detect change. *Occup. Environ. Med*. 2006; 63(3): 202–6.
 19. Karin C.H.J. Need for recovery in offices: Behavior-based assessment. *Journal of Environmental Psychology*. 2012; 32: 126–34.
 20. Wentz K., Gyllensten K., Hagberg M. Need for recovery in relation to effort from work and health in four occupations. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 2020; 93(2): 243–59.
 1. Konradi G.P., Slonim A.D., Farfel V.S. *Physiology of labor*. M.-L.: Biomedgiz; 1934 (in Russian).
 2. Sorokin G.A. *Work, fatigue and occupational risk*. Publishing House of the Polytechnic University, St. Petersburg; 2016 (in Russian).
 3. Fatigue Management Guide for Air Traffic Service Providers. 2016. <https://www.icao.int/safety/fatiguemanagement/Documents/FMG%20for%20ATSPs%20FINAL.pdf>
 4. Fourie C. etc. Fatigue Risk Management Systems: A Review of the Literature. September 2010 London: Clockwork Research Ltd, Department for Transport. Available from: <http://www.clockworkresearch.com/publications/2010b>. (дата обращения 20.09.2021).
 5. Steven E, et al. Fatigue Risk Management in the Workplace. *JOEM*. 2012; 54(2): 231–258.
 6. Sargent C. et al. The Relationships between Human Fatigue and Public Health: A Brief Commentary on Selected Papers from the 9th International Conference on Managing Fatigue in Transportation, Resources and Health. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2016; 13(9): 842. <https://doi.org/10.3390/ijerph13090842>
 7. Transportation, Resources and Health. *Int J Environ Res Public Health*. 2016; 24(13(9)): 842. <https://doi.org/10.3390/ijerph13090842>
 8. Fatigue risk management system process guide. 15 January 2020. https://mtt.gov.bh/sites/default/files/frms_process_guide.pdf
 9. Sorokin G.A., Suslov V.L. Fatigue risk management systems in the workplace and their relevance for shipbuilding enterprises. *Sudostroenie*. 2022; 2: 61–4 (in Russian).
 10. Sorokin G.A. Chronophysiological study of professionally conditioned fatigue. *Fiziologiya cheloveka*. 2008; 6: 70–7 (in Russian).
 11. Sorokin G.A. Normalization of labor intensity by its duration, density and pace. *Med. truda i prom. ekol.* 2001; 10: 28–32 (in Russian).
 12. Sorokin G.A., Shilov V.V. Assessment of the annual increase in the risk of workers' health disorders at high labor intensity. *Gigiena i sanitariya*. 2020; 6: 618–23 (in Russian). <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-6-618-623>
 13. Conway S.H. et al. The Identification of a Threshold of Long Work Hours for Predicting Elevated Risks of Adverse Health Outcomes. *Am J Epidemiol*. 2017; 186(2): 173–3.
 14. Rugulies R et al. The effect of exposure to long working hours on depression: A systematic review and meta-analysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury. *Environ Int*. 2021; 155: 106629. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106629>
 15. Kivimäki M. et al. Long working hours and risk of coronary heart disease and stroke: a systematic review and meta-analysis of published and unpublished data for 603 838 individuals. *Lancet*. 2015; 386: 1739–46.
 16. Ervasti J. et al. Long working hours and risk of 50 health conditions and mortality outcomes: a multicohort study in four European countries. *The Lancet Regional Health. Europe*. 2021; 11: 100212.
 17. Jansen N.W. et al. Need for recovery in the working population: description and associations with fatigue and psychological distress. *Int J Behav Med*. 2002; 9(4): 322–40.
 18. Croon E.M. et al. Psychometric properties of the Need for Recovery after work scale: test-retest reliability and sensitivity to detect change. *Occup. Environ. Med*. 2006; 63(3): 202–6.
 19. Karin C.H.J. Need for recovery in offices: Behavior-based assessment. *Journal of Environmental Psychology*. 2012; 32: 126–34.
 20. Wentz K., Gyllensten K., Hagberg M. Need for recovery in relation to effort from work and health in four occupations. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 2020; 93(2): 243–59.

References