



Научная статья

РАБОЧЕЕ МЕСТО КРАНОВЩИКА В ИНДОНЕЗИИ С УЧЕТОМ УТОМЛЕНИЯ И ПСИХИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

И. Пративи, С. Октавиара

Университет Мухаммадии в Суракарте, Индонезия, 57102, г. Суракарта, Дж. Л.А. Яни

Компания *Teluk Lamong (TL)* в Индонезии – это организация, управляющая многоцелевым терминалом, предоставляющим разнообразные услуги погрузки и разгрузки контейнеров и сухих насыпных грузов. На терминале применяется комплексное крановое оборудование, в котором впервые в Индонезии задействованы полуавтоматические устройства и инфраструктура. Трудовая деятельность крановщиков связана с риском получения травм, поскольку работники вынуждены трудиться на высоте и их труд связан с необходимостью поддерживать высокую концентрацию внимания.

Установлен уровень утомления и психических нагрузок на рабочих местах крановщиков, проведен анализ и оценка условий труда. Результаты обследования легли в основу предложений по улучшению рабочего места крановщика крана для погрузки и разгрузки кораблей (контейнеры и насыпные грузы) типа *STS* и *GSU*.

Данные были получены путем анкетирования 56 крановщиков, управляющих кранами типа *STS* и *GSU*, трудящихся посменно в четыре смены, каждая продолжительностью 6 ч. Использовали опросник по сбору общей идентификационной информации, а также опросники *SOFI* и *NASA TLX*. Данные были обработаны для получения балльной оценки уровней утомления и психических нагрузок. Статистический анализ включал в себя корреляционный анализ и регрессионный анализ двух переменных в оценке нагрузок крановщиков, работающих на кранах типа *STS* и *GSU*. Предложены рекомендации по внесению изменений в рабочие процессы и период отдыха для снижения утомляемости и психических нагрузок крановщиков.

Согласно результатам опросника *SOFI*, степень утомления крановщиков находилась на среднем уровне, а вот психические нагрузки были высокими. Корреляционный тест не установил взаимосвязи между утомлением и психическими нагрузками на рабочем месте крановщика крана *STS*.

Показано, что утомляемость можно преодолеть с помощью адекватного отдыха, полноценного и богатого нутриентами рациона и соответствующих физических упражнений. Рациональное распределение рабочих смен, общение и обучение, направленное на осознание важности умения определять уровень утомления, могут сократить высокие психические нагрузки. Результаты исследования способны помочь предотвратить или снизить повышенную утомляемость и психические нагрузки, которые могут привести к несчастным случаям на производстве.

Ключевые слова: метод *SOFI*, метод *NASA-TLX*, крановщик, терминал *Teluk Lamong*, риск получения травм, утомление, психические нагрузки, статистический анализ, Индонезия.

Как показывают данные по занятости, предоставленные Управлением по социальной защите (BPJS), в Индонезии число производственных травм выросло со 114 тысяч в 2019 г. до 177 тысяч в 2020 г. [1]. Более чем 65 % работников в Индонезии обращаются в поликлиники компаний с жалобами на утомление. Это сложное явление возникает вследствие раннего подъема, длительности рабочего дня, экстремальных рабочих нагрузок, ухудшения состояния здоровья, высокого уровня ответственности на рабочем месте и стиля жизни как на работе, так и в свободное время [2].

Монотонные повторяющиеся задачи могут усиливать утомление на рабочем месте – критическое или хроническое. Утомление можно определить как

ощущение сильной усталости или сонливости вследствие недостатка сна, продолжительного периода умственного или физического труда, а также продолжительного стресса или тревожности [2, 3]. В целом утомление проявляется как усталость, вегетативная дистония и пониженная эффективность труда. Это может привести к ряду заболеваний, таких как синдром хронической усталости, психоз, депрессия, заболевания, связанные со стрессом, аутоиммунные заболевания и т.п. [4]. Утомление, связанное с условиями труда, имеет огромную важность не только для оценки здоровья работающих, но и для вопросов безопасности, связанных с травмами и смертями на рабочем месте, которые можно предотвратить [5].

© Пративи И., Октавиара С., 2023

Пративи Инда – доктор промышленной инженерии, доцент факультета инженерии (e-mail: indah.pratiwi@ums.ac.id; тел.: +62 813 9349-8843; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6412-3304>).

Октавиара Сэндыя – научный сотрудник Исследовательского центра логистики и промышленной оптимизации (email: senjaoktaviara15@gmail.com; тел.: +62 896 9011-2775).

Помимо этого, утомление состоит из острых и хронических симптомов, имеет объективные и субъективные свойства, соответствующие ситуативным и индивидуальным характеристикам. Следовательно, полноценная оценка составных компонентов утомления представляет собой сложную задачу [6].

Утомление характеризуется многомерными аспектами, связанными с физическим, психическим и функциональным здоровьем. Все эти компоненты взаимодействуют между собой [6]. Утомление приводит к смене стратегии использования ресурсов в некоторых процессах, таких как первоначальный уровень умственной обработки информации или физическая активность, которые либо поддерживаются на должном уровне, либо снижаются [3].

Многомерная психическая нагрузка и субъективное восприятие являются теми фундаментальными основами, которые обуславливают различия в рабочих задачах и характеристиках рабочего места крановщика. Факторы внешней среды, спешка, другие субъективные аспекты влияют на восприятие стресса или утомление¹.

Для лучшего понимания всех этих разнообразных аспектов многомерная концепция психической нагрузки должна соответствовать как объективным, так и субъективным критериям, быть опосредована требованиями рабочих задач, внешней поддержкой и опытом [7]. Существуют три аспекта утомления: физиологическое утомление (снижение физических способностей), объективное утомление (снижение рабочего потенциала) и субъективное утомление (ощущение усталости) [8]. Структура, на которой основана концепция, соответствует новому количественному и качественному описанию воспринимаемых физического (напряжение и дискомфорт) и психического (отсутствие мотивации и сонливость) измерений. В рамках данного понимания отсутствие факторов, восполняющих запас энергии, соотносится с измерением утомления с физическими и психическими характеристиками [9]. Рабочая нагрузка должна быть адаптирована под состояние работника. Уровень адаптации может оказать положительный или отрицательный эффект на деятельность компании [10]. Е. Ahsberg разработал Шведский опросник профессионального утомления (SOFI) для оценки уровней утомления практичным, быстрым и простым способом [9].

Интуитивно психическая рабочая нагрузка может быть определена как количество умственного труда, который должен быть приложен работником для выполнения какой-либо задачи в определенный период времени [11]. Уточним, что данный конструкт возникает из взаимодействия между требованиями в рамках определенной задачи, обстоятельствами, в которых она выполняется, контекстом и навыками, поведением, эмоциональным состоянием и воспри-

ятием задачи крановщиком [12]. Психическая нагрузка может оцениваться с помощью разных методик, включая физиологические измерения, измерения, основанные на производительности труда, и субъективные измерения [13]. Психическая нагрузка формируется в разуме, и ее можно увидеть при выполнении рабочих задач. Наиболее часто используемые опросники, призванные оценить психические нагрузки, включают в себя «Субъективную методику оценки рабочей нагрузки» (SWAT) и «Индекс нагрузки задач НАСА» (NASA-TLX) [13]. Помимо этого, в исследовании [14] обсуждается применение квалификационного теста для оценки физических нагрузок и метода NASA-TLX для оценки психических нагрузок.

В работе [15] приведен анализ производительности контейнерных кранов и эффективности рабочей цепи в порту. Исследование проводилось в трех разных портах на двух работающих кранах и четырех мобильных колесных козловых кранах типа Rubber Tired Gantry (RTG). Результаты исследования показывают, что модель RTG показывает вполне достойные результаты с той же точностью, что и модель STS. В исследовании с применением инструмента NASA-TLX [16] целью был анализ уровня рабочей нагрузки для крановщиков, работающих на автоматических кранах-штабелерах (Automated Stacking Crane (ASC)) на терминале TL в Индонезии. Результаты показали высокий уровень нагрузки на рабочем месте крановщика крана типа ASC и выявили несколько показателей, влияющих на нее, а именно собственно действия (P) и психическую нагрузку (MD) [16]. Инструмент NASA-TLX является отличной многомерной шкалой для измерения психической нагрузки на рабочем месте. В руководстве V.J. Gawron отмечается, что инструмент TLX подходит для целей оценки психической нагрузки, чувствителен к изменениям в ней и обладает высокой диагностической ценностью².

Teluk Lamong (TL) в Индонезии – это компания, управляющая многоцелевым терминалом, предоставляющим разнообразные услуги погрузки и разгрузки контейнеров и сухих насыпных грузов. На терминале применяется комплексное крановое оборудование, в котором впервые в Индонезии задействованы полуавтоматические устройства и инфраструктура [16]. Стивидорные работы по погрузке и разгрузке контейнеров или сухих насыпных грузов – это работы, связанные с разгрузкой и погрузкой кораблей, т.е. с перемещением грузов с кораблей на сушу и обратно. В данном процессе задействованы рейферный кран разгрузчик (GSU) и кран «корабль – берег» (STS). Кран типа GSU используется для работ с насыпными грузами. Кран типа STS применяется для погрузки и разгрузки контейнеров (рис. 1). Данный кран управляется крановщиком из кабины, расположенной

¹ ISO 10075-1:2017. Ergonomic principles related to mental workload – Part 1: General issues and concepts, terms and definitions, 2017. – 9 p.

² Gawron V.J. Workload Measures, 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2019. – P. 1–65. DOI: 10.1201/9780429019579

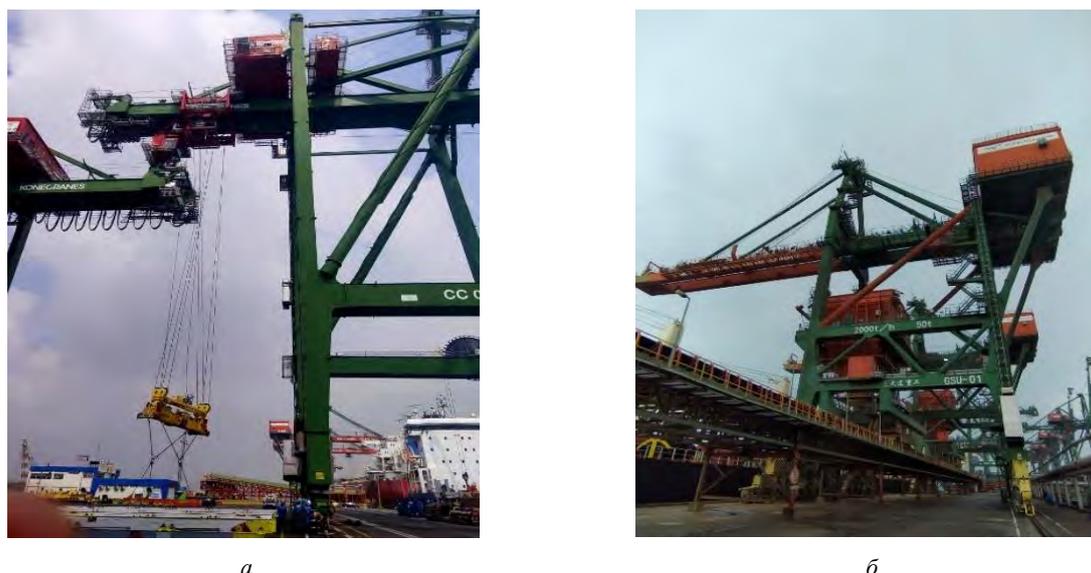


Рис. 1. Оборудование, применяющееся для погрузки и разгрузки контейнеров и насыпных грузов: а – кран «корабль – берег» (STS); б – грейферный кран разгрузчик (GSU)

наверху. Процесс разгрузки и погрузки подразделяется на несколько задач, выполняемых устройствами в составе кранов, а именно лебедками, крановыми тележками, крановыми порталами и стрелами [17].

Крановщики работают посменно, разделены на пять групп. Трудовая деятельность связана с высоким риском, поскольку работы осуществляются на высоте и требуют высокой концентрации внимания. Согласно данным по производственным травмам за 2020 г., во время стивидорных работ на терминале TL в Индонезии зафиксировано 39 несчастных случаев.

Цель исследования – определение уровней утомления и психических нагрузок на рабочем месте крановщика: являются ли они частично причиной несчастных случаев во время стивидорных работ на терминале TL в Индонезии? Для достижения поставленной цели необходимо проанализировать и оценить уровни утомления и психической нагрузки с использованием инструментов SOFI для оценки утомления и NASA TLX – для оценки психической нагрузки на рабочем месте крановщика. В результате исследования предполагалась разработка предложений по улучшению процессов на рабочем месте крановщика, призванных устранить проблемы, возникающие в процессе стивидорных работ.

Материалы и методы. Данное исследование было проведено с участием крановщиков, работающих на терминале TL в Индонезии на двух типах кранов, а именно GSU и STS. 56 крановщиков работали в четыре рабочие смены, каждая продолжительностью 6 ч. Первая смена с полуночи до 6 ч утра, вторая – с 6 ч утра до полудня, третья – с полудня до 18 ч вечера и четвертая – с 18 ч вечера до полуночи. Работники были разделены на пять групп:

Е, F, G, H, I. Эти пять групп состояли из 46 крановщиков, работавших на кранах STS, и 10 крановщиков, работавших на кранах GSU. Краны предназначались для разгрузки насыпных грузов, а также для погрузки и разгрузки контейнеров в доке.

По типу исследование является качественным изучением с акцентом на объективных явлениях и их количественной оценке. Достижение максимальной объективности данного исследования обеспечивалось применением статистических методов анализа и осуществлением контролируемых экспериментов. Данные для исследования были собраны при помощи опросников, заполненных крановщиками в период с января по март 2021 г.

Исследование было одобрено Комитетом по этике медицинских исследований факультета медицины Университета Мухаммадии в Суракарте. Мы полностью объяснили цели исследования крановщикам, принимавшим в нем участие. После получения вербального согласия все участники заполнили формы письменного согласия и опросники.

Исследование включало в себя несколько этапов. На первом этапе были изучены литературные источники, в которых обсуждаются теории, связанные с утомлением, психической нагрузкой, методом SOFI и методом NASA TLX. Затем проведено натурное изучение объекта исследования. На следующем этапе были идентифицированы проблемы, возникающие на рабочих местах крановщиков. Далее с помощью опросников SOFI и NASA TLX собраны необходимые данные. Мы просили 56 участников исследования заполнять опросники с максимальной честностью, особенно в части ответов на вопросы, касающиеся условий труда на их рабочем месте. Данные относительно уровней усталости были оценены по шкалам метода SOFI, а данные о психиче-

ских нагрузках – по шкалам метода NASA TLX. Гипотеза состояла в том, что между уровнем утомления и психической нагрузкой существует взаимосвязь, определяемая статистическими методами.

Затем был проведен анализ и предложены улучшения, призванные снизить уровни утомления и психических нагрузок на рабочих местах крановщиков.

Метод SOFI является инструментом, используемым для субъективного определения факторов, вызывающих утомление на рабочем месте. Данный метод был разработан E. Ahsberg в 1998 г. и включает в себя оценку нескольких показателей, каждый из которых описывается пятью многомерными вопросами [9]. Пять областей измерения метода включают в себя сонливость, физический дискомфорт, отсутствие мотивации, недостаток энергии и физическое напряжение. Каждое измерение описывается с помощью 25 вопросов. Каждого участника исследования попросили дать субъективную оценку его состояния по шкале от 0 до 6. Оценка «0» означает, что участник не ощущает того, что описано в вопросе; оценка «6» означает, что данные ощущения присутствуют в полной мере [18]. Для определения того, какое из утверждений обладает наивысшим уровнем, применяется рейтинг с субмаксимальным уровнем [19].

Метод SOFI включает в себя пять областей измерения, каждая из которых обладает разными характеристиками [20]. Так, первое измерение описывает недостаток энергии словами «переработал», «истощен», «очень устал», «вымотан», «измотан». Второе измерение – это физическое напряжение, описываемое словами «вспотел», «тяжело дышать», «сильное сердцебиение», «жарко», «задыхаюсь». Третье измерение – это физический дискомфорт, описываемый словами «напряженные мышцы», «скованные суставы», «онемение», «болит», «ноет». Четвертое измерение – недостаток мотивации, состоит из «нет интереса», «пассивен», «вялый», «все безразлично», «ничего не волнует». Последнее пятое измерение – сонливость, описывается словами «хочется спать», «засыпаю», «сонный», «зеваю», «ленивый» [18].

Применение механизма SOFI включает в себя следующие шаги: 1) расчет среднего значения по каждой области измерения; 2) расчет общего среднего значения; 3) интерпретация балльной оценки. После осуществления расчетов при помощи метода SOFI можно измерять уровень утомления, ощущаемого крановщиком. Метод позволяет с легкостью классифицировать типы утомления на основании их рейтинга. Рейтинг включает в себя следующие категории: результат < 1,13 означает низкий уровень утомления; 1,13–4,87 – умеренный уровень утомления; результат > 4,87 говорит о высоком уровне утомления [21].

Метод NASA-TLX, разработанный S.G. Hart и L.E. Staveland, является инструментом для анализа характеристик рабочих нагрузок, воспринимаемых крановщиком [12]. Данный метод был применен для

получения субъективных балльных оценок рабочих нагрузок на основании среднего значения, полученного путем ранговой оценки шести факторов [22]. Рабочим предложили оценить шесть факторов, связанных с их работой, по балльной шкале (от 0 до 100 баллов) [15]. Эти факторы включают в себя следующее: умственная нагрузка (MD), физическая нагрузка (PD), временная нагрузка (TD), исполнение (P), степень усилий (E) и степень фрустрации (FL). Умственная нагрузка измеряется по шкале от низкой до высокой и означает степень психической активности и восприятия необходимых действий для выполнения задачи. Физическая нагрузка, измеряемая по подобной шкале, измеряет уровень физических усилий, необходимых для выполнения задачи. Временная нагрузка измеряет количество времени, требуемое для выполнения задачи. Эти три компонента связаны с требованиями, предъявляемыми к работнику для выполнения рабочих задач [22]. Степень фрустрации измеряется по шкале от низкой до высокой и связана с уровнями психической и физической активности, необходимыми для выполнения задачи на определенном уровне. Исполнение измеряется по шкале от плохого до хорошего и определяет общий уровень стресса и / или удовлетворения, связанных со сложностью задачи. Степень усилий измеряется по шкале от низкой до высокой и определяет уровень успеха или удовлетворения и уровень завершенности назначенной задачи. Эти три измерения связаны с взаимодействием между работником и задачей [22]. При заполнении опросника респондент должен оценить уровень по каждой шкале: «высокий – низкий» по пяти из них и «хороший – плохой» по одной. Применение метода NASA-TLX состоит из двух фаз – взвешивания и оценки. На стадии взвешивания определяется источник нагрузки, а на стадии оценки целью является оценка всех шести измерений [23]. Данные, собранные при помощи опросника NASA-TLX, являются средневзвешенными значениями, используемыми при оценке психической рабочей нагрузки. На основании средневзвешенных данных выбирается доминирующее измерение в психических нагрузках согласно ощущениям респондента, а оценочные данные позволяют определить рейтинг вопросов, связанных с психическими рабочими нагрузками.

Процесс обработки данных при использовании метода NASA-TLX включал в себя следующие шаги: 1) взвешивание; 2) определение рейтинга; 3) подсчет значения продукта момента (уравнение 1); 4) расчет средневзвешенной рабочей нагрузки (WWL); 5) расчет средней средневзвешенной рабочей нагрузки (уравнение 2); 6) интерпретация балльной оценки [24]:

$$\text{Продукт} = \text{рейтинг} \cdot \text{вес}. \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{Средневзвешенная рабочая нагрузка} = \\ = \sum \text{Продукт}. \quad (2) \end{aligned}$$

Работа считается тяжелой при значении балльной оценки в 80 баллов. Умеренная тяжесть работы определяется балльной оценкой в диапазоне от 50 до 80 баллов, а оценка ниже 50 баллов говорит о том, что работа является относительно легкой [14]. Категории высокой и низкой психической нагрузки, с которыми сталкиваются крановщики, определены с целью последующей группировки по типам, а именно: низкая, средняя, относительно высокая, высокая и очень высокая нагрузка. Оценочные категории метода NASA-TLX включают в себя следующие рейтинги: значения 0–9 – для очень низкой нагрузки; 10–29 – для низкой нагрузки; 30–49 – для умеренной нагрузки; 50–79 – для высокой нагрузки; 80–100 – для очень высокой нагрузки [23, 25].

Результаты и их обсуждение. Результаты расчетов балльных оценок по шкалам SOFI и NASA TLX были статистически обработаны при помощи пакета прикладных статистических программ для социальных наук (SPSS 21.0). Осуществлен корреляционный и регрессионный анализ двух переменных с целью проверки гипотезы о наличии взаимосвязи между уровнем утомления и уровнем рабочей нагрузки крановщиков, управляющих кранами типа STS и GSU:

H0: между уровнем утомления крановщика и уровнем психических нагрузок отсутствует взаимосвязь;

H1: существует взаимосвязь между уровнем утомления крановщика и уровнем психических нагрузок.

Регрессионный анализ был призван определить, существует ли положительный эффект между двумя переменными – уровнем психической нагрузки и уровнем утомления – для крановщиков, работающих на кранах типа STS и GSU:

H0: положительный эффект отсутствует;

H1: положительный эффект между двумя переменными существует.

Результаты корреляционного теста, выполненного при помощи SPSS Version 21.0, были занесены

в таблицу корреляции Пирсона. Результаты регрессионного анализа сведены в таблицу вариационного анализа с целью определения взаимосвязей между зависимыми и независимыми переменными.

Анализ был продолжен путем внесения альтернативных решений в форме предлагаемых улучшений, направленных на снижение слишком высоких уровней утомления и психических нагрузок.

Общие данные о респондентах включали: возраст (лет); ИМТ, определенный по массе тела (кг) и росту (см); анамнез; стаж работы (лет); продолжительность сна (часов в сутки) и время, затраченное на дорогу от работы до дома и обратно (минуты). Опросники были заполнены 56 респондентами, из которых 46 работали на кранах типа STS (контейнеры) и 10 – на кранах типа GSU (насыпные грузы), как показано в табл. 1.

Данные табл. 1 показывают, что стаж работы влияет на ее производительность. Чем больше стаж, тем лучше работник понимает состояние своего тела и может предотвратить появление симптомов усталости [26]. 10,87 % (5 человек) крановщиков крана типа STS имели болезни в анамнезе. Остальные (41 человек, или 89,13 %) не имели заболеваний в анамнезе. Среди крановщиков, работающих на кране типа GSU, заболевания в анамнезе были обнаружены у одного человека (10 %), а у оставшихся 9 (90 %) – отсутствовали. При наличии в анамнезе таких заболеваний, как грипп, инфекционный мононуклеоз, анемия, расстройства сна, синдром хронической усталости или миалгическая энцефалопатия (CFS/ME), гипотиреозидизм, гепатит, туберкулез, хронические боли, глютеновая болезнь, аддисонова болезнь, болезнь Паркинсона, сердечные заболевания, HIV/AIDS и рак, можно говорить о том, что именно они являются причиной утомления. Также к утомлению может привести прием определенных лекарственных препаратов [27].

Таблица 1

Общее описание крановщиков кранов типа STS и GSU

Характеристика		Кран STS		Кран GSU	
		абс.	%	абс.	%
Возраст, лет	17–25	1	2,17	0	0,00
	26–35	28	60,87	7	70,00
	36–45	17	36,96	3	30,00
	46–55	0	0,00	0	0,00
Индекс массы тела	Худой	1	2,17	0	0,00
	Нормальный	21	45,65	5	50,00
	Избыточный вес	9	19,57	1	10,00
	Ожирение	15	32,61	4	40,00
Стаж работы, лет	< 5	32	69,57	3	30,00
	≥ 5	14	30,43	7	70,00
Болезни в анамнезе	Есть	5	10,87	1	10,00
	Нет	41	89,13	9	90,00
Продолжительность сна, ч/сут	< 7	25	54,35	6	60,00
	≥ 7	21	45,65	4	40,00
Время на дорогу, мин	< 43	21	45,65	3	30,00
	≥ 43	25	54,35	7	70,00



Рис. 2. Метод SOFI, использованный для измерения уровня утомления (а); области утомления у крановщиков кранов типа STS и GSU (б)

54,35 % крановщиков крана типа STS спали менее 7 ч в сутки, а 45,65 % отметили, что спят не менее 7 ч в сутки. 60 % крановщиков крана типа GSU спали менее 7 ч в сутки, а 40 % – 7 ч и более. Согласно данным Национального фонда сна (National Sleep Foundation), нормальная продолжительность сна для взрослого человека составляет 7–9 ч в сутки. Сокращение сна на 2–3 ч от нормального уровня может привести к недосыпанию. Недосыпание, которое возникает непрерывно на протяжении 5–10 дней, снижает способность к пониманию, ухудшает когнитивную деятельность, приводит к замедлению реакций, ухудшению настроения, снижению мотивации, морального духа и инициативности [28].

45,65 % респондентов-крановщиков крана типа STS тратили на дорогу до работы и обратно менее 43 мин, а 54,35 % – более 43 мин. Что касается крановщиков крана типа GSU, то 30 % из них тратили на дорогу менее 43 мин, а 70 % – более 43 мин. Работники, которые тратят на дорогу 43–90 мин, могут терять до 14 мин сна каждую ночь и жаловаться на психическую усталость от того, что опять опоздали на работу [29]. Время, потраченное работниками на дорогу до работы и обратно, в совокупности с переработками может привести к сокращению времени сна или отдыха, а также времени, которое они проводят с семьей [30].

После сбора данных об уровнях утомления и психических нагрузках работников была выполне-

на их обработка, сначала в рамках методов SOFI и NASA-TLX, а затем – методами статистического анализа.

Результаты расчетов в рамках метода SOFI приведены на рис. 2.

На основании результатов, полученных при заполнении опросника SOFI 46 крановщиками крана типа STS, мы определили, что уровень утомления ни одного из них не мог быть отнесен к категории «низкий». Средний уровень утомления был определен для 78,26 % крановщиков (36 человек), у остальных крановщиков (21,74 %) уровень утомления был высоким (см. рис. 2, а). Как видно из рис. 2, уровень утомления для всех 10 крановщиков крана типа GSU (100 % опрошенных) может быть отнесен к категории «средний». Можно сделать вывод, что в целом уровень утомления для крановщиков, работающих на кранах обоих типов, может быть отнесен к категории «средний» согласно опроснику SOFI.

Результаты, полученные для разных областей измерения утомления при помощи метода SOFI, показывают, что наивысшие значения среди крановщиков кранов типа GSU отмечены по шкале «Физический дискомфорт» – 199,6. За ними следуют «Сонливость» – 190,6 и «Отсутствие мотивации» – 158,5 (см. рис. 2, б). Кривая графика на рис. 2, б, обозначенная голубым цветом, показывает результаты по областям измерения согласно методу SOFI для крановщиков кранов STS. Наивысшее значение также было определено для «Физического дискомфорта» – 46; за ним следуют «Сонливость» – 42 и «Недостаток энергии» – 27,8. Мы можем сделать вывод, что физический дискомфорт и отсутствие мотивации – это те две области измерения, которые оказывают наибольшее влияние на уровень утомления среди крановщиков кранов типа STS и GSU. В других исследованиях описаны связанные с ними, но все-таки немного другие состояния, например, физическое истощение, недостаток сил и апатия, к которым могут быть очень чувствительны работники, вынужденные трудиться посменно. Так, длинные смены или длительные периоды рабочих дней без выходных могут оказать более значительное влияние на физическую усталость.

Высокая сонливость характерна для работников ночных смен [19]. Помимо этого, посменная работа с короткими перерывами между сменами может привести к недостатку сна, что, в свою очередь, вызывает сонливость в течение рабочего дня [9].

Результаты вычислений при помощи метода NASA-TLX приведены на рис. 3.

Заполнение опросника NASA-TLX 46 крановщиками крана типа STS выявило следующее распределение уровней психической нагрузки по категориям. Психическая нагрузка, принадлежащая к категории «очень низкая», не была выявлена ни для одного из них, точно так же, как и психическая нагрузка в категории «низкая» и «средняя». Психическая нагрузка в категории «высокая»

была выявлена для 57 % крановщиков (26 человек), а нагрузка в категории «очень высокая» – для 43 % (20 крановщиков). Что касается крановщиков крана типа GSU, то средний уровень психической нагрузки был выявлен для 10 % (один человек), высокий – для 60 % (6 человек), очень высокий – для 30 % (3 человека). Можно сделать вывод, что в целом, согласно результатам, полученным с помощью метода NASA-TLX, психическая нагрузка для крановщиков кранов типа STS и GSU является высокой (см. рис. 3, а).

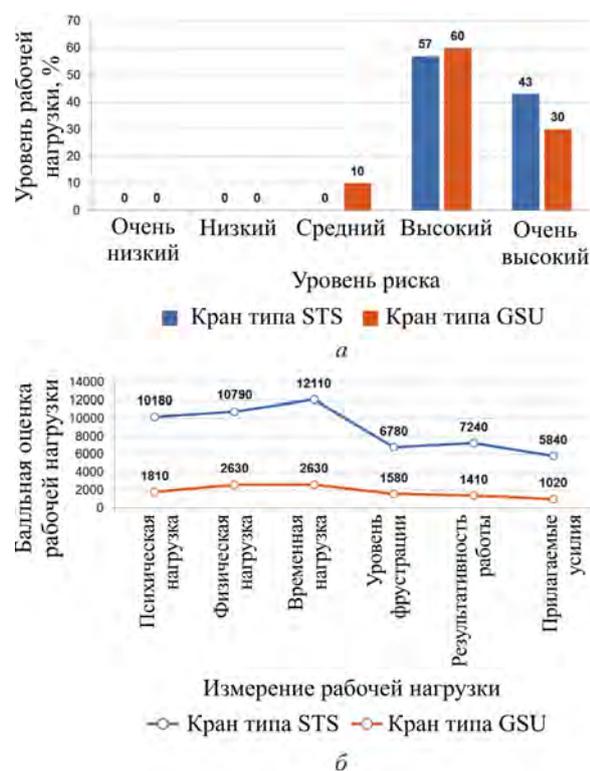


Рис. 3. Метод NASA-TLX, примененный для измерения уровня риска (а); уровня нагрузки для крановщиков кранов типа STS и GSU (б)

Рис. 3, б, показывает балльные оценки, полученные для разных факторов согласно методу NASA-TLX. Факторы, для которых получены наивысшие балльные оценки, включают в себя временную нагрузку, физическую нагрузку и умственную нагрузку, и эти результаты были получены для обеих групп крановщиков. Балльные оценки для временной нагрузки: 12 110 для крановщиков крана типа STS и 2630 для крановщиков крана типа GSU; физическая нагрузка – 10 790 и 2630, и умственная нагрузка – 10 180 и 1810 соответственно.

Результаты определения нормальности распределения результатов, полученных для крановщиков методами SOFI и NASA-TLX согласно критерию Колмогорова – Смирнова, приведены в табл. 2. Применение критерия для крановщиков крана типа STS дало уровень P , равный 0,2, а данные считаются распределенными нормально при значении $P > \alpha$ ($\alpha = 0,05$). Следовательно, анализируемые данные

подчиняются нормальному распределению и не являются несимметричными, поскольку $P > \alpha$. Результаты корреляционного анализа возможной взаимосвязи между уровнем утомления и психическими нагрузками для крановщиков кранов типа STS выявили значение P , равное 0,761 $>$ 0,05, следовательно, принимается нулевая гипотеза H_0 . Между этими двумя переменными не выявлено взаимосвязи для крановщиков крана типа STS.

По результатам корреляционного анализа было определено значение коэффициента корреляции, равное 0,046, что говорит о незначительной степени взаимосвязи между двумя переменными. По результатам вариационного анализа для крановщиков крана STS было определено значение F-счета, равное 0,094, $<$ значения F-таблица, равного 4,06. Следовательно, принимается нулевая гипотеза H_0 , и это значит, что между независимой и зависимой переменными не существует положительного эффекта. Полученная регрессионная модель выглядит следующим образом:

$$Y = 3,154 + (0,006) X.$$

По результатам проверки нормальности с помощью критерия Колмогорова – Смирнова для крановщиков крана типа GSU было определено значение P , равное 0,2. Данные считаются распределенными нормально при значении $P > \alpha$ ($\alpha = 0,05$). Следовательно, анализируемые данные подчиняются нормальному распределению и не являются несимметричными, поскольку $P > \alpha$. Согласно результатам корреляционного анализа было получено значение P , равное 0,751, и это значение $>$ 0,05, что говорит об отсутствии корреляционной взаимосвязи между уровнем утомления и психической нагрузкой крановщиков крана типа GSU. Следовательно, принимается нулевая гипотеза H_0 . Рассчитанное значение коэффициента корреляции равно -0,115, следовательно, между двумя переменными отсутствует корреляционная взаимосвязь. Вариационный анализ позволил определить, что значение F-счет равно 0,108, и это ниже, чем значение F-таблица, равное 5,32. Следовательно, принимается нулевая гипотеза H_0 о том, что между независимой и зависимой переменными отсутствует положительное влияние. Полученная регрессионная модель выглядит следующим образом:

$$Y = 3,791 + (-0,007) X.$$

Предложения по улучшению. Результаты исследования с помощью метода SOFI выявили средний уровень утомления у 78 % крановщиков крана типа STS и 100 % крановщиков крана типа GSU. Между тем применение метода NASA-TLX для измерения психической нагрузки выявило очень высокий процент крановщиков, для которых эта нагрузка была высокой: 57 % среди крановщиков крана типа STS и 100 % крановщиков крана типа GSU. Измерение уровня утомления и психической нагрузки считается гибким и удобным способом оценки нагрузок на ра-

бочем месте, который не требует больших временных и финансовых затрат³. Высокий уровень утомления может привести к ошибкам и несчастным случаям на производстве, особенно на тех рабочих местах, где требуется повышенное внимание [31].

Для снижения негативного влияния выявленных факторов риска могут быть предприняты определенные улучшения. Список рекомендаций касательно выявленных факторов риска, связанных с уровнем утомления, представлен в табл. 3.

На основании результатов, полученных с помощью применения метода NASA-TLX, можно сделать вывод, что психическая нагрузка на рабочем месте крановщика является высокой. В связи с этим предложены некоторые рекомендации по снижению

данной нагрузки, отталкиваясь от факторов, для которых были рассчитаны наивысшие балльные оценки (табл. 4).

Высокая психическая нагрузка может привести к развитию хронической усталости, демотивации, нарушениям здоровья и прогулам [31]. Эргономичный дизайн рабочего места может снизить уровень этой нагрузки и помочь избежать производственных травм [31]. Помимо тяжести самой работы, на результат работы крановщика влияют усталость, необходимость поддерживать высокую концентрацию и длительность рабочей смены⁴. Необходимо искать баланс между усталостью работника, стрессом и независимым контролем [35].

Таблица 2

Результаты проверки нормальности

Результат		Кран STS		Кран GSU	
		SOFI	NASA-TLX	SOFI	NASA-TLX
Проверка нормальности	<i>N</i>	46	46	10	10
	Значимость	0,200	0,200	0,200	0,200
Корреляционный анализ	<i>P</i>	0,761		0,751	
	Коэффициент корреляции	0,046		-0,115	
Вариационный анализ	F-счет	0,094		0,108	
	F-таблица	4,06		5,32	

Таблица 3

Предлагаемые меры по снижению уровня утомления

Показатель	Предлагаемые меры
Физический дискомфорт	Крановщики испытывают определенный физический дискомфорт, а именно: боль, спазмы, скованность в суставах и напряжение в мышцах по причине необходимости поддерживать вынужденную рабочую позу. Помимо этого, крановщики жалуются на боли в шее и спине, что приводит к расстройствам опорно-двигательного аппарата. Эти расстройства возникают в девяти частях тела, а именно: шея, плечи, предплечья, локти, нижняя часть спины, талия, кисти, бедра и колени [22]. Следует пересмотреть рабочие практики с целью снижения мышечного утомления, вызванного монотонными повторяющимися движениями [32]. Крановщикам следует регулярно делать физические упражнения, участвовать в программах фитнеса, выполнять эргономические упражнения и движения, направленные на релаксацию и растяжку мышц, такие как наклоны головы, сжатие лопаток и расслабление в положении лежа в период между рабочими сменами. Крановщики могут проходить регулярные медицинские осмотры в клинике компании и принимать участие в оценке соответствия состояния здоровья требованиям рабочего места [30]
Недостаток энергии	Во время ночной смены высвобождение энергии возрастает, и это коррелирует с повышенной сонливостью [19] вследствие более высоких нагрузок на организм во время ночной смены. Крановщики перерабатывают, чувствуют усталость и полное отсутствие энергии. Это может быть скорректировано достаточными периодами отдыха, используемыми крановщиками с наибольшей эффективностью. Следует употреблять пищу, богатую питательными элементами, избегать слишком острой и жирной пищи, потому что ее труднее переваривать, а это влияет на сон
Сонливость	Крановщикам может быть предоставлен период отдыха для короткого сна продолжительностью 30–45 мин до начала рабочей смены. Считается, что это повышает уровень осознания. Следует спать не менее 7–9 ч в сутки. Следует контролировать длительность перерыва между рабочими часами; среднее время отдыха для 8 ч работы составляет от 30 мин до 2 ч [22] и разделяется на перерывы на кофе, посещение туалета и прием пищи ⁵
Отсутствие мотивации	Компании следует поощрять результативность работы крановщиков путем предоставления бонусов и премий, оценить работу крановщиков, проводить максимально возможное количество инструктажей по технике безопасности, а также прибегать к наказаниям в случае нарушения работниками рабочих процедур. Также необходимо обеспечить обучение принципам эргономики [33]

³ Gawron V.J. Workload Measures. – 3rd ed. – Boca Raton: CRC Press, 2019. – P. 1–65. DOI: 10.1201/978042901957

⁴ Handbook of Cognitive Task Design / ed. by E. Hollnagel. – Boca Raton: CRC Press, 2003. – 840 p.

⁵ Haworth N., Hughes S. The International Labour Organization. – London: Routledge, 2012.

Предлагаемые меры по снижению уровня психической нагрузки

Показатель	Предлагаемые меры
Временная нагрузка	Уровень временной нагрузки высок, что связано с повторяющимися рабочими операциями. Крановщикам следует пользоваться периодами ожидания и перерывами на молитву как способами снизить эту нагрузку
Физическая нагрузка	Рабочее место крановщика требует приложения больших физических усилий в силу постоянного физического труда. Для того чтобы крановщик был способен сосредоточиться на работе, он должен обладать хорошим физическим здоровьем. Вынужденная поза, необходимость поднимать тяжести и длительные рабочие смены приводят к возникновению болей в разных частях тела [34]. Предлагается пересмотреть расписание рабочих смен для устранения нарушений циркадных ритмов у крановщиков
Умственная нагрузка	От крановщика требуется высокая концентрация, сосредоточение внимания и проницательность. Неженатые крановщики отвлекаются от работы в 3,43 раза чаще, чем женатые. Необходимо понимать, что эмоциональная поддержка семьи выступает важным фактором корректировки рабочей нагрузки и стимулирует работника более четко следовать требованиям техники безопасности [34]. Помимо этого, необходимо, чтобы крановщики контролировали свое состояние, не допуская возникновения скуки вследствие монотонности работы. Компании могут разработать систему поощрения по результатам работы с целью повышения мотивации

Утомление на рабочем месте можно преодолеть с помощью адекватного отдыха, употребления пищи, богатой питательными веществами, упражнений, эргономических упражнений и достаточной продолжительности сна. Высокие психические нагрузки можно снизить за счет их корректировки с помощью способностей самих крановщиков, предлагая вознаграждение и повышая мотивацию сотрудников. Компания может организовать тренинг по значимости психической нагрузки и осознанию утомления, максимизировать инструктаж по технике безопасности, а также пересмотреть расписание смен.

Выводы. Уровни утомления и психической нагрузки были измерены на рабочих местах 36 крановщиков, работающих на кране типа STS, и 10 крановщиков, работающих на кране типа GSU, на терминале TL в Индонезии. Результаты исследования показали, что уровень утомления для большинства крановщиков был средним, а психическая нагрузка – высокой. Расположенные в порядке убывания значимости симптомы усталости для крановщиков крана типа STS выглядят следующим образом: физический дискомфорт, сонливость, отсутствие мотивации, фи-

зическое напряжение и недостаток энергии; для крановщиков крана типа GSU – физический дискомфорт, сонливость, недостаток энергии, физическое напряжение и отсутствие мотивации. Факторы психической нагрузки имеют одинаковую очередность для крановщиков кранов типа STS и GSU, а именно: временная нагрузка, физическая нагрузка, умственная нагрузка, исполнение, степень усилий и степень фрустрации. Утомление может быть преодолено за счет адекватного отдыха, употребления пищи с высоким содержанием питательных веществ и упражнений. Что касается психической нагрузки, то ее можно снизить за счет более эффективной организации посменной работы, общения и обучения с акцентом на понимание значимости психической усталости. Все это призвано помочь снизить высокие уровни утомления и психической нагрузки на рабочих местах, которые могут привести к производственным травмам.

Финансирование. Исследование не имело внешнего финансирования.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Kliping Berita Ketenagakerjaan 13 Januari 2020 [Электронный ресурс] // Kementerian Ketenagakerjaan RI. – URL: http://perpustakaan.kemnaker.go.id/admin/assets/product_img/pdf/13_Januari_2020.pdf (дата обращения: 08.08.2021).
2. Fatigue and its management in the workplace / J.A. Caldwell, J.L. Caldwell, L.A. Thompson, H.R. Lieberman // *Neurosci. Biobehav. Rev.* – 2019. – Vol. 96. – P. 272–289. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2018.10.024
3. Portuguese version of the Swedish Occupational Fatigue Inventory (SOFI) among assembly workers: Cultural adaptation, reliability and validity / J. Santos, C. Carvalhais, C. Ramos, T. Coelho, P.R.R. Monteiro, M.A.P. Vaz // *Int. J. Occup. Med. Environ. Health.* – 2017. – Vol. 30, № 3. – P. 407–417. DOI: 10.13075/ijom.1896.00760
4. Impact of worker fatigue on hazard recognition skills / U. Techera, S. Bhandari, M. Hallowell, R. Littlejohn // *Constr. Res. Congr.* 2020. – 2020. – P. 306–314. DOI: 10.1061/9780784482872.034
5. Korean version of the swedish occupational fatigue inventory among construction workers: Cultural adaptation and psychometric evaluation / S. Lee, S. Seong, S. Park, J. Lim, S. Hong, Y. Cho, H. Kim // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* – 2021. – Vol. 18, № 8. – P. 4302. DOI: 10.3390/ijerph18084302
6. Saito K. Measurement of fatigue in industries // *Ind. Health.* – 1999. – Vol. 37, № 2. – P. 134–142. DOI: 10.2486/indhealth.37.134
7. Soria-Oliver M., López J.S., Torrano F. Relations between mental workload and decision-making in an organizational setting // *Psicol. Reflex. Crit.* – 2017. – Vol. 30, № 1. – P. 7. DOI: 10.1186/s41155-017-0061-0
8. Spanish version of the Swedish Occupational Fatigue Inventory (SOFI): Factorial replication, reliability and validity / J.L. González, B. Moreno-Jiménez, E. Garrosa, A. López López // *Int. J. Ind. Ergon.* – 2005. – Vol. 35, № 8. – P. 737–746. DOI: 10.1016/j.ergon.2005.02.007

9. Åhsberg E., Gamberale F., Gustafsson K. Perceived fatigue after mental work: An experimental evaluation of a fatigue inventory // *Ergonomics*. – 2000. – Vol. 43, № 2. – P. 252–268. DOI: 10.1080/001401300184594
10. Junaedi D., Rizkiyah N.D., Praty D.B. Determination of the Optimal Number of Workers Using the NASA-TLX Method in Chemical Company, Indonesia // *Int. J. Eng. Res. Adv. Technol.* – 2020. – Vol. 6, № 7. – P. 51–56. DOI: 10.31695/ijerat.2020.3627
11. The importance of Human Mental Workload in Web design / L. Longo, F. Rusconi, L. Noce, S. Barrett // *WEBIST 2012: 8th International Conference on Web Information Systems and Technologies*. – 2012. – P. 403–409. DOI: 10.5220/0003960204030409
12. Hart S.G., Staveland L.E. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research // *Hum. Ment. Workload. Adv. Psychol.* – 1988. – № 52. – P. 139–183.
13. Comparison of workload perception for original and modified cognitive tasks / S. Chi, M.S. Neubert, O. Buranruk, W. Limroongreungrat, W. Eungpinichpong, R. Puntumetakul // *Ind. Eng. Manag. Syst.* – 2019. – Vol. 18, № 4. – P. 701–709. DOI: 10.7232/iems.2019.18.4.701
14. Widiasih W., Nuha H. Workload Analysis Using Work Sampling and NASA-TLX for Employee of Private University in Surabaya // *J. Ilm. Tek. Ind.* – 2019. – Vol. 18, № 2. – P. 134–141. DOI: 10.23917/jiti.v18i2.8247
15. Aulanko S., Tervo K. Modeling and analysis of harbor crane work efficiency using work cycle recognition // *2010 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM)*. – 2010. – P. 61–66. DOI: 10.1109/AIM.2010.5695907
16. Suryadi A., Zadi F.I., Sukma D. Analisis Tingkat Beban Kerja Operator Automated Stacking Crane (Asc) Dengan Metode Nasa-TLX (National Aeronautics and Space Administration Task Load Index) Di Pt. Terminal Teluk Lamong Surabaya // *Tekmapro J. Ind. Eng. Manag.* – 2018. – Vol. 13, № 2. – P. 31–40. DOI: 10.33005/tekmapro.v13i2.40
17. Jo J.-H., Kim S. Key performance indicator development for ship-to-shore crane performance assessment in container terminal operations // *J. Mar. Sci. Eng.* – 2020. – Vol. 8, № 1. – P. 6. DOI: 10.3390/JMSE8010006
18. Mixer S., Mathiassen S.E., Hallman D. Alternations between physical and cognitive tasks in repetitive work—effect of cognitive task difficulty on fatigue development in women // *Ergonomics*. – 2019. – Vol. 62, № 8. – P. 1008–1022. DOI: 10.1080/00140139.2019.1614229
19. Shiftwork and different dimensions of fatigue / E. Åhsberg, G. Kecklund, T. Åkerstedt, F. Gamberale // *Int. J. Ind. Ergon.* – 2000. – Vol. 26, № 4. – P. 457–465. DOI: 10.1016/S0169-8141(00)00007-X
20. Åhsberg E., Furst C.J. Dimensions of fatigue during radiotherapy: An application of the Swedish Occupational Fatigue Inventory (SOFI) on cancer patients // *Acta Oncol.* – 2001. – Vol. 40, № 1. – P. 37–43. DOI: 10.1080/028418601750071037
21. The Swedish Occupational Fatigue Inventory in people with multiple sclerosis / S. Johansson, C. Ytterberg, B. Back, L.W. Holmqvist, L. von Koch // *J. Rehabil. Med.* – 2008. – Vol. 40, № 9. – P. 737–743. DOI: 10.2340/16501977-0236
22. Evaluation of hydraulic excavator Human-Machine Interface concepts using NASA TLX / J. Akyeamong, S. Udoka, G. Caruso, M. Bordegoni // *Int. J. Ind. Ergon.* – 2014. – Vol. 44, № 3. – P. 374–382. DOI: 10.1016/j.ergon.2013.12.002
23. Development of the NASA-TLX Multi Equation Tool to Assess Workload / A.F. Campoya Morales, J.L. Hernandez Arellano, E.L. González Muñoz, A.A. Maldonado Macías // *Int. J. Comb. Optim. Probl. Informatics*. – 2020. – Vol. 11, № 1. – P. 50–58.
24. NASA-TLX for predictability and measurability of instructional design models: case study in design methods / C. Nikulin, G. Lopez, E. Piñonez, L. Gonzalez, P. Zapata // *Educ. Technol. Res. Dev.* – 2019. – Vol. 67, № 2. – P. 467–493. DOI: 10.1007/s11423-019-09657-4
25. Nur I., Iskandar H., Ade R.F. The measurement of nurses' mental workload using NASA-TLX method (a case study) // *Malaysian J. Public Heal. Med.* – 2020. – Vol. 20, № 1 (Special). – P. 60–63. DOI: 10.37268/MJPHM/VOL.20/NO.SPECIAL1/ART.705
26. Nordbakke S. Driver fatigue and falling asleep – experience, knowledge and conduct among private drivers and professional drivers. – Oslo, 2004. – P. 6.
27. Theron W.J., Van Heerden G.M.J. Fatigue knowledge – a new lever in safety management // *J. South. African Inst. Min. Metall.* – 2011. – Vol. 111, № 1. – P. 1–10.
28. Drowsy and dangerous? Fatigue in paramedics: an overview / S. Ramey, A. MacQuarrie, A. Cochrane, I. McCann, C.W. Johnston, A.M. Batt // *Irish J. Paramed.* – 2019. – Vol. 4, № 1. DOI: 10.32378/ijp.v4i1.175
29. Mason S. Office Ergonomic: Practical Applications // *Ergonomics*. – 2008. – Vol. 51, № 11. – P. 1791–1793.
30. Costa G. Shift work and health: Current problems and preventive actions // *Saf. Health Work.* – 2010. – Vol. 1, № 2. – P. 112–123. DOI: 10.5491/SHAW.2010.1.2.112
31. Berlin C., Adams C. *Production Ergonomics: Designing Work Systems to Support Optimal Human Performance*. – London: Ubiquity Press, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5334/bbe>
32. Postural evaluation and hand activity level at batik cap process using LUBA and ACGIH HAL methods / I. Pratiwi, V. Brillyanto, R. Fitriadi, M. Anis, M.N.A. Rahman // *Int. J. Recent Technol. Eng.* – 2019. – Vol. 8, № 3. – P. 2552–2560. DOI: 10.35940/ijrte.C4765.098319
33. Musculoskeletal disorders (MSDs) and their associated factors among quarry workers in Nigeria: A cross-sectional study / S. Njaka, D. Mohd Yusoff, S.M. Anua, Y.C. Kueh, C.O. Edeogu // *Heliyon*. – 2021. – Vol. 7, № 2. – P. e06130. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e06130
34. Subjective Workload and Musculoskeletal Disorders among Workers of a Manufacturing Company in Iran / M. Khandan, F. Mirshekari, E. Koorsani, S. Mosafarchi, A. Koohpaei // *Biotech. Health Sci.* – 2018. – Vol. 5, № 1. – P. e13599.
35. Javaremi M.N., Wu D., Argall B. The Impact of Control Interface on Features of Heart Rate Variability // *Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* – 2021. – Vol. 2021. – P. 7544–7550. DOI: 10.1109/EMBC46164.2021.9631053

Пративи И., Октавиара С. Рабочее место крановщика в Индонезии с учетом утомления и психических нагрузок // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 1. – С. 73–84. DOI: 10.21668/health.risk/2023.1.08

Research article

JOB DESIGN FOR CRANE OPERATORS BASED ON FATIGUE ASPECTS AND MENTAL WORKLOAD IN INDONESIA**I. Pratiwi, S. Oktaviara**

Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. Jend. A Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Surakarta, 57102, Indonesia

Terminal Teluk Lamong (TTL) in Indonesia is a company that operates in service sector managing a multipurpose terminal. It provides various services such as loading and unloading containers and dry bulk using integrated crane tools that employ the first semi-automatic facilities and infrastructure in Indonesia. Crane operators' work involves risks of work accidents because they operate at heights and their job tasks require high concentration.

This study aimed to find out fatigue levels and mental workloads typical for workplaces of crane operators and to analyze and assess working conditions. The study results gave grounds for developing recommendations on how to improve workplaces of STS and GSU crane operators who deal with loading and unloading containers and dry bulk cargoes at a seaport.

The relevant data were obtained by questioning 56 STS and GSU crane operators working in four shifts, 6 hours each. We used an employee identity questionnaire as well as SOFI and NASA TLX questionnaires. The results were analyzed to obtain scores for estimating fatigue levels and mental workloads. Statistical analysis involved correlation and regression tests on two variables on STS and GSU crane operators. Upon completion, some recommendations were suggested as regards necessary changes into work process and longer rest in order to reduce fatigue and mental workloads for operators.

The SOFI questionnaire established medium fatigue levels of STS and GSU operators but mental workloads turned out to be high. The correlation test did not reveal any correlation between fatigue and mental workloads for STS crane operators.

It was shown that fatigue could be overcome by adequate rest, well-balanced diet rich with nutrients, and relevant exercise. At the same time, arranging work shifts more rationally, socializing, and training on the importance of fatigue awareness can reduce high mental workloads. The study results can help prevent or reduce increased fatigue and mental workloads that can lead to work accidents.

Keywords: SOFI method, NASA-TLX method, crane operator, Terminal Teluk Lamong, risks of work accidents, fatigue, mental workloads, statistical analysis, Indonesia.

References

1. Kliping Berita Ketenagakerjaan 13 Januari 2020. *Kementerian Ketenagakerjaan RI*. Available at: http://perpustakaan.kemnaker.go.id/admin/assets/product_img/pdf/13_Januari_2020.pdf (August 08, 2021) (in Indonesian).
2. Caldwell J.A., Caldwell J.L., Thompson L.A., Lieberman H.R. Fatigue and its management in the workplace. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, 2019, vol. 96, pp. 272–289. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2018.10.024
3. Santos J., Carvalhais C., Ramos C., Coelho T., Monteiro P.R.R., Vaz M.A.P. Portuguese version of the Swedish Occupational Fatigue Inventory (SOFI) among assembly workers: Cultural adaptation, reliability and validity. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health*, 2017, vol. 30, no. 3, pp. 407–417. DOI: 10.13075/ijom.1896.00760
4. Techera U., Bhandari S., Hallowell M., Littlejohn R. Impact of worker fatigue on hazard recognition skills. *Constr. Res. Congr. 2020*, 2020, pp. 306–314. DOI: 10.1061/9780784482872.034
5. Lee S., Seong S., Park S., Lim J., Hong S., Cho Y., Kim H. Korean version of the Swedish occupational fatigue inventory among construction workers: Cultural adaptation and psychometric evaluation. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2021, vol. 18, no. 8, pp. 4302. DOI: 10.3390/ijerph18084302
6. Saito K. Measurement of fatigue in industries. *Ind. Health*, 1999, vol. 37, no. 2, pp. 134–142. DOI: 10.2486/indhealth.37.134
7. Soria-Oliver M., López J.S., Torrano F. Relations between mental workload and decision-making in an organizational setting. *Psicol. Reflex. Crit.*, 2017, vol. 30, no. 1, pp. 7. DOI: 10.1186/s41155-017-0061-0
8. González J.L., Moreno-Jiménez B., Garrosa E., López López A. Spanish version of the Swedish Occupational Fatigue Inventory (SOFI): Factorial replication, reliability and validity. *Int. J. Ind. Ergon.*, 2005, vol. 35, no. 8, pp. 737–746. DOI: 10.1016/j.ergon.2005.02.007
9. Åhsberg E., Gamberale F., Gustafsson K. Perceived fatigue after mental work: An experimental evaluation of a fatigue inventory. *Ergonomics*, 2000, vol. 43, no. 2, pp. 252–268. DOI: 10.1080/001401300184594

© Pratiwi I., Oktaviara S., 2023

Indah Pratiwi – Doctor of Industrial Engineering, Associate Professor at Faculty of Engineering (e-mail: indah.pratiwi@ums.ac.id; tel.: +62 813 9349-8843; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6412-3304>).

Senja Oktaviara – Researcher at the Researches Centre for Logistics and Industrial Optimization Studies (e-mail: senjaoktaviara15@gmail.com; tel.: +62 896 9011-2775).

10. Junaedi D., Rizkiyah N.D., Praty D.B. Determination of the Optimal Number of Workers Using the NASA-TLX Method in Chemical Company, Indonesia. *Int. J. Eng. Res. Adv. Technol.*, 2020, vol. 6, no. 7, pp. 51–56. DOI: 10.31695/ijerat.2020.3627
11. Longo L., Rusconi F., Noce L., Barrett S. The importance of Human Mental Workload in Web design. *WEBIST 2012, 8th Int. Conf. Web Inf. Syst. Technol.*, 2012, pp. 403–409. DOI: 10.5220/0003960204030409
12. Hart S.G., Staveland L.E. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. *Hum. Ment. Workload. Adv. Psychol.*, 1988, no. 52, pp. 139–183.
13. Chi S., Neubert M.S., Buranruk O., Limroongreungrat W., Eungpinichpong W., Puntumetakul R. Comparison of workload perception for original and modified cognitive tasks. *Ind. Eng. Manag. Syst.*, 2019, vol. 18, no. 4, pp. 701–709. DOI: 10.7232/iems.2019.18.4.701
14. Widiasih W., Nuha H. Workload Analysis Using Work Sampling and NASA-TLX for Employee of Private University in Surabaya. *J. Ilm. Tek. Ind.*, 2019, vol. 18, no. 2, pp. 134–141. DOI: 10.23917/jiti.v18i2.8247
15. Aulanko S., Tervo K. Modeling and analysis of harbor crane work efficiency using work cycle recognition. *IEEE/ASME Int. Conf. Adv. Intell. Mechatronics, AIM*, 2010, pp. 61–66. DOI: 10.1109/AIM.2010.5695907
16. Suryadi A., Zadi F.I., Sukma D. Analisis Tingkat Beban Kerja Operator Automated Stacking Crane (Asc) Dengan Metode Nasa-TLX (National Aeronautics and Space Administration Task Load Index) Di Pt. Terminal Teluk Lamong Surabaya. *Tekmapro J. Ind. Eng. Manag.*, 2018, vol. 13, no. 2, pp. 31–40. DOI: 10.33005/tekmapro.v13i2.40
17. Jo J.-H., Kim S. Key performance indicator development for ship-to-shore crane performance assessment in container terminal operations. *J. Mar. Sci. Eng.*, 2020, vol. 8, no. 1, pp. 6. DOI: 10.3390/JMSE8010006
18. Mixer S., Mathiassen S.E., Hallman D. Alternations between physical and cognitive tasks in repetitive work—effect of cognitive task difficulty on fatigue development in women. *Ergonomics*, 2019, vol. 62, no. 8, pp. 1008–1022. DOI: 10.1080/00140139.2019.1614229
19. Åhsberg E., Kecklund G., Åkerstedt T., Gamberale F. Shiftwork and different dimensions of fatigue. *Int. J. Ind. Ergon.*, 2000, vol. 26, no. 4, pp. 457–465. DOI: 10.1016/S0169-8141(00)00007-X
20. Åhsberg E., Fürst C.J. Dimensions of fatigue during radiotherapy: An application of the Swedish Occupational Fatigue Inventory (SOFI) on cancer patients. *Acta Oncol.*, 2001, vol. 40, no. 1, pp. 37–43. DOI: 10.1080/028418601750071037
21. Johansson S., Ytterberg C., Back B., Holmqvist L.W., von Koch L. The Swedish Occupational Fatigue Inventory in people with multiple sclerosis. *J. Rehabil. Med.*, 2008, vol. 40, no. 9, pp. 737–743. DOI: 10.2340/16501977-0236
22. Akyeampong J., Udoka S., Caruso G., Bordegoni M. Evaluation of hydraulic excavator Human-Machine Interface concepts using NASA TLX. *Int. J. Ind. Ergon.*, 2014, vol. 44, no. 3, pp. 374–382. DOI: 10.1016/j.ergon.2013.12.002
23. Campoya Morales A.F., Hernandez Arellano J.L., González Muñoz E.L., Maldonado Macías A.A. Development of the NASA-TLX Multi Equation Tool to Assess Workload. *Int. J. Comb. Optim. Probl. Informatics*, 2020, vol. 11, no. 1, pp. 50–58.
24. Nikulin C., Lopez G., Piñonez E., Gonzalez L., Zapata P. NASA-TLX for predictability and measurability of instructional design models: case study in design methods. *Educ. Technol. Res. Dev.*, 2019, vol. 67, no. 2, pp. 467–493. DOI: 10.1007/s11423-019-09657-4
25. Nur I., Iskandar H., Ade R.F. The measurement of nurses' mental workload using NASA-TLX method (a case study). *Malaysian J. Public Heal. Med.*, 2020, vol. 20, no. 1 (Special), pp. 60–63. DOI: 10.37268/MJPHM/VOL.20/NO.SPECIAL1/ART.705
26. Nordbakke S. Driver fatigue and falling asleep – experience, knowledge and conduct among private drivers and professional drivers. Oslo, 2004, pp. 6.
27. Theron W.J., Van Heerden G.M.J. Fatigue knowledge – a new lever in safety management. *J. South. African Inst. Min. Metall.*, 2011, vol. 111, no. 1, pp. 1–10.
28. Ramey S., MacQuarrie A., Cochrane A., McCann I., Johnston C.W., Batt A.M. Drowsy and dangerous? Fatigue in paramedics: an overview. *Irish J. Paramed.*, 2019, vol. 4, no. 1. DOI: 10.32378/ijp.v4i1.175
29. Mason S. Office Ergonomic: Practical Applications. *Ergonomics*, 2008, vol. 51, no. 11, pp. 1791–1793.
30. Costa G. Shift work and health: Current problems and preventive actions. *Saf. Health Work*, 2010, vol. 1, no. 2, pp. 112–123. DOI: 10.5491/SHAW.2010.1.2.112
31. Berlin C., Adams C. *Production Ergonomics: Designing Work Systems to Support Optimal Human Performance*. London, Ubiquity Press Publ., 2017. DOI: <https://doi.org/10.5334/bbe>
32. Pratiwi I., Brillyanto V., Fitriadi R., Anis M., Rahman M.N.A. Postural evaluation and hand activity level at batik cap process using LUBA and ACGIH HAL methods. *Int. J. Recent Technol. Eng.*, 2019, vol. 8, no. 3, pp. 2552–2560. DOI: 10.35940/ijrte.C4765.098319
33. Njaka S., Mohd Yusoff D., Anua S.M., Kueh Y.C., Edeogu C.O. Musculoskeletal disorders (MSDs) and their associated factors among quarry workers in Nigeria: A cross-sectional study. *Heliyon*, 2021, vol. 7, no. 2, pp. e06130. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e06130
34. Khandan M., Mirshekari F., Koorsani E., Mosaferchi S., Koohpaei A. Subjective Workload and Musculoskeletal Disorders among Workers of a Manufacturing Company in Iran. *Biotech. Health Sci.*, 2018, vol. 5, no. 1, pp. e13599.
35. Javaremi M.N., Wu D., Argall B. The Impact of Control Interface on Features of Heart Rate Variability. *Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.*, 2021, vol. 2021, pp. 7544–7550. DOI: 10.1109/EMBC46164.2021.9631053

Pratiwi I., Oktaviara S. Job design for crane operators based on fatigue aspects and mental workload in Indonesia. *Health Risk Analysis*, 2023, no. 1, pp. 73–84. DOI: 10.21668/health.risk/2023.1.08.eng

Получена: 04.09.2022

Одобрена: 20.02.2023

Принята к публикации: 27.03.2023