

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ: ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 331.101.1

*Авхадеева Э.А., магистрант кафедры «Сервис Транспортных Систем»,
Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский федеральный
университет», email: endzhe025@mail.ru*

*Макарова И.В., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Сервис Транспортных
Систем», Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский
федеральный университет», email: kamIVM@mail.ru*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СОБИРАЕМОСТИ ГРУЗОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПОСРЕДСТВОМ ОЦЕНКИ ЭРГОНОМИКИ РАБОЧЕГО НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

*Аннотация. В статье показаны направления повышения эффективности и
эргономичности производственных процессов в автомобилестроении, которые
могут быть реализованы с помощью современных методов и инструментов
оптимизации. Приведен обзор исследований в этой области, а также на
конкретном примере рассмотрены возможности моделирования сборочных
процессов с целью повышения безопасности рабочей среды.*

*Ключевые слова: сборочное производство, улучшение условий труда,
производственные факторы, эргономика*

Введение

В последние два десятилетия отмечается чрезвычайно интенсивное внедрение информационных технологий практически во все сферы деятельности современного общества. Цифровизация обрабатывающей промышленности является предметом глобального интереса.

Современное состояние техники и технологий позволяет создавать средства и методы не только для управления техническими и организационно-техническими системами, но и устройства для анализа состояния функциональных систем человека и воздействия на них. Это дает возможность корректировать и оптимизировать деятельность человека как опосредованно, используя рекомендованные нагрузки и параметры, так и в реальном масштабе времени, что позволяет создать комфортную рабочую среду, а также повысить

безопасность и эффективность труда, повысить эффективность производственных систем и качество продукции.

Автомобилестроение относится к тем отраслям экономики, которые, создавая высокотехнологичную продукцию, в то же время во многом определяют развитие и других отраслей, поскольку автомобильная техника решает проблему мобильности населения, осуществляет доставку грузов «от двери до двери». Кроме того, практически во всех отраслях представлена широкая гамма техники на автомобильных шасси. Высокий уровень автомобилизации и глобализация рынков вынуждают производителей к поиску новых решений, постоянному совершенствованию как конструкции автомобиля, так и технологии производства, поскольку выдержать значительную конкуренцию на рынках можно только путем непрерывного развития и применения инновационных решений.

Методы и модели

По мнению зарубежных исследователей, изменения в технологических процессах с целью их совершенствования и оптимизации, должны проводиться с учетом эргономических факторов, соблюдения принципов обеспечения качества и безопасности рабочей среды.

Выявлению факторов, влияющих на качество рабочей среды, причин перегрузок, рисков производственного травматизма, посвящены работы многих зарубежных ученых в области эргономики, охраны труда, моделирования производственной среды [1 - 7]. Многофакторное моделирование с учетом, в том числе эргономических факторов, позволяет не только повысить эффективность производства в условиях ограниченных ресурсов [8], но и изучить условия труда [9, 10], а впоследствии прогнозировать усталость [11] и предотвращать несчастные случаи на производстве [12]. Помимо этого, использование виртуальной производственной среды при проектировании процессов позволяет решить задачи по своевременному техническому обслуживанию оборудования [13].

Анализируя роль эргономического анализа в обеспечении устойчивости

производственных систем и качества рабочей среды, исследователи отмечают положительные изменения в компаниях, реализовавших рекомендации по изменению процессов с учетом эргономических показателей [14], однако отмечается также, что этой проблеме необходимо уделить более пристальное внимание, поскольку это сказывается как на качестве процессов и устойчивости производственной системы, так и на психоэмоциональном состоянии работающих и гармоничном развитии человеческого потенциала [15].

Повышение безопасности рабочей среды с помощью эргономического анализа

Организация эргономичных рабочих мест и процессов является одной из основных задач в деятельности специалиста по организации процессов: это процесс научной организации труда, направленный на создание оптимальных и безопасных условий труда, совершенствование методов выполнения какой-либо работы с учетом его защищенности жизни и здоровья, комфортности и производительности. Игнорирование правил эргономичности может привести к возникновению профессиональных заболеваний рабочих.

Рабочее место – это производственный участок в рабочей системе, на котором выполняются рабочие задания. При организации рабочего места должны выполняться требования экономичности, эргономичности и гуманности.

Правильно организованное рабочее место [16] гарантирует:

- экономически выгодные объемы производства;
- достаточное качество;
- нагрузку и напряженность труда, которую может перенести работник;
- незначительные накладные затраты.



ФОНД СОЦИАЛЬНОГО СТРАХОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ТРАВМАТИЗМ И ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ

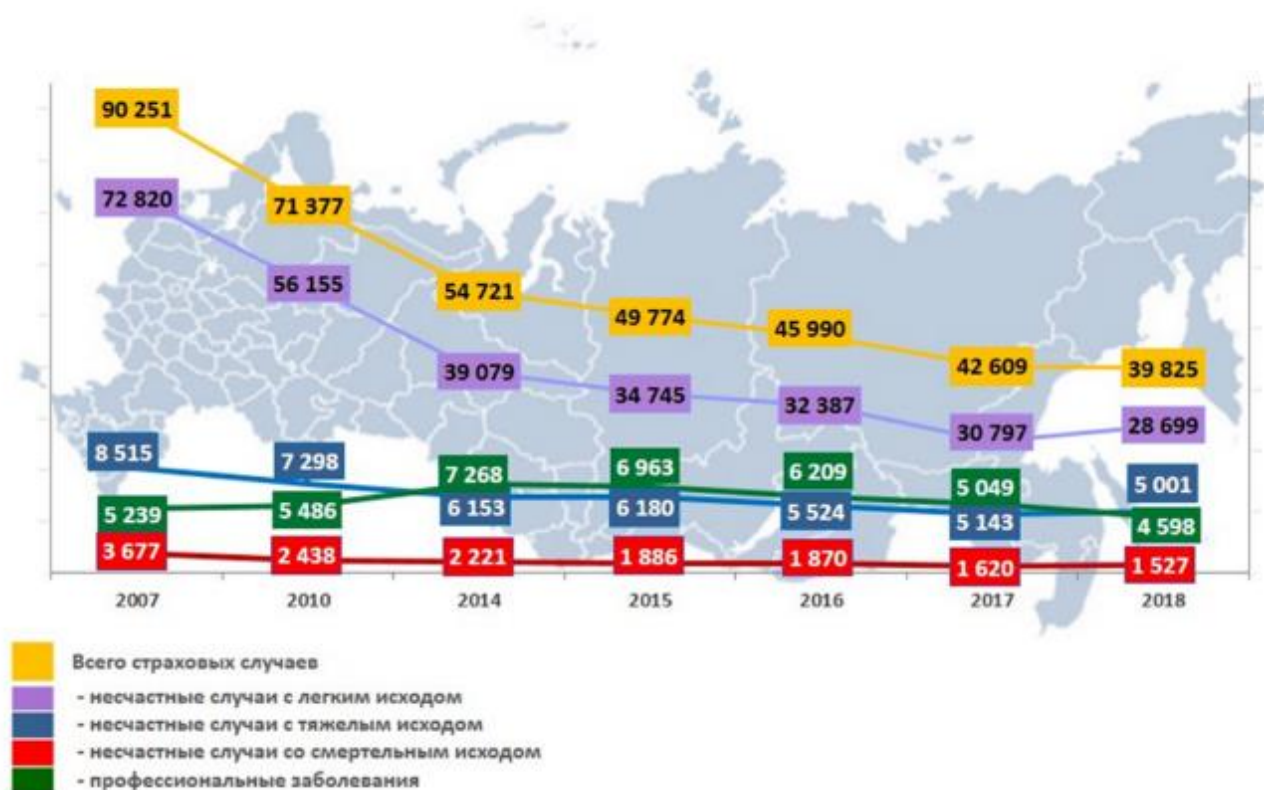


Рисунок 1. Статистика производственного травматизма

Профессиональное заболевание – это заболевание, возникающее в результате воздействия вредного производственного фактора. По оценкам экспертов МОТ, в РФ ежегодно умирает порядка 190 тыс. человек из-за плохих условий труда [17].

Согласно статистике Госкомстата, одной из самых заметных тенденций последних лет становится увеличение продолжительности больничного у сотрудников, получивших травму на работе. С 2000 по 2019 г. этот показатель увеличился в 1,7 раза. Так, если в 2000 году работник, получивший травму, находился на больничном в среднем 28,8 дней, то в 2019 году этот срок увеличился до 50,6 дней [18].

Пример совершенствования рабочего процесса с помощью эргономического анализа

Имитационные модели применяются для определения оптимальных параметров технологических процессов при изменении внутренних либо внешних параметров производства. Входными данными для разработки имитационной модели технологических процессов являются:

- типовой технологический процесс;
- база данных Teamcenter (данные по сборочным узлам, изделиям, оборудованию, инструментам, окружению).

Структура индивидуального технологического процесса корректируется в соответствии с составом и структурой унифицированного технологического процесса путем анализа необходимости каждой операции и технологического перехода с последовательным уточнением всех решений. Технологическое проектирование заключается в разработке типовых технологических процессов, из которых в дальнейшем можно компоновать различные методы сборки автомобилей. Это позволяет значительно сократить трудоемкость и уменьшить сроки их внедрения в производство.

Применение имитационных моделей позволяет выделить операции, которые нуждаются в оптимизации, определить необходимую численность работников, а также оптимизировать их загрузку. Применение полученных решений, позволяют сократить время сборки на позициях конвейера, и, соответственно, время цикла на 6%, при этом оптимальная загрузка персонала приводит к снижению числа ошибок.

Для разработки имитационной модели технологического процесса необходимо определить входные и выходные данные. В качестве входных данных будут использоваться параметры типового технологического процесса производства аналогичной модели автомобиля «КАМАЗ», а также база данных Teamcenter (Siemens PLM Software). На выходе получим следующее: операционные карты, технологический отчет; визуальное представление техпроцесса установки задней подвески; проверку на собираемость автомобиля; проверку на технологичность; коллизии.

В качестве примера применения имитационного моделирования был

выбран производственный процесс сборки гидроцилиндра автомобиля КАМАЗ. На этапе проектирования промоделировав процесс сборки в программном модуле Tecnomatix Process Simulate можно оценить затраты времени на выполнение операции, усилия рабочего, проверить конструкцию на собираемость и выявить «узкие» места.

Для затяжки гидроцилиндра используется ударный гайковерт с шарнирной головкой и ключом. Продолжительность процесса затяжки – 1 минута 14 секунд. При затяжке гидроцилиндра у рабочего возникают такие проблемы, как:

- Сложность наживления болтов сверху вследствие отсутствия видимости;
- Необходимость для затяжки гидроцилиндра придерживания болтов ключом с одновременной затяжкой точек крепления;
- Ввиду длительности техпроцесса и вынужденной поддержки инструментов возникающая нагрузка на шейный отдел рабочего часто приводит к развитию болезней конечностей;



Рисунок 2 – Процесс наживления болтов

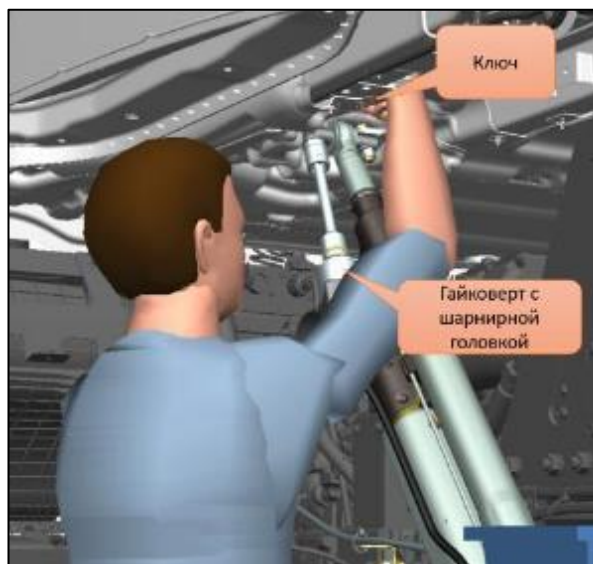


Рисунок 3 – Процесс затяжки гидроцилиндра ключом и гайковертом с шарнирной головкой

Было установлено, что если заменить в конструкции сменные болты на сварные, то процесс можно оптимизировать. Эксперимент на модели процесса затяжки новым способом показал, что:

- Отпадает необходимость в наживлении болтов сверху;
- Затяжка гидроцилиндра выполняется без ключа.
- Снижается нагрузка на шейный отдел рабочего.
- Сокращается время операции – 50 секунд.



Рис.4 – Процесс установки гидроцилиндра в сборе с болтами

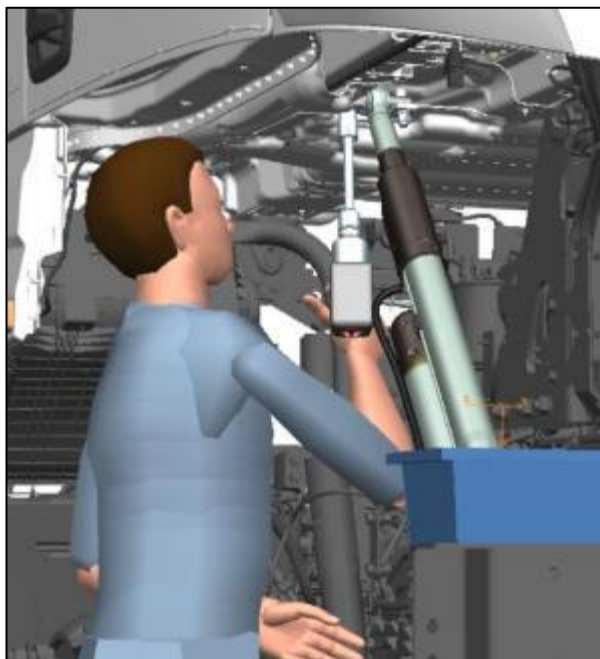


Рис.5 – Затяжка гидроцилиндра без использования ключа

Выводы

Таким образом, важно использовать принципы эргономичности еще на этапе проектирования. Применение современных информационных платформ для этих целей позволят не только повысить эффективность технологических процессов, но и создать более безопасную рабочую среду, решив проблему роста профессиональных заболеваний.

Список использованных источников

1. Steven Vissera, [Henk F. van der Molen](#)^{ab}, P. Paul F.M. Kuijera, Berry J. van Hollanda & Monique H.W. Frings-Dresena. Evaluation of two working methods for screed floor layers on musculoskeletal complaints, work demands and workload // Ergonomics Volume 56, Issue 1, 2013 pages 69-78
2. Maurice F. Donoghue, David S. O'Reilly, Michael T. Walsh. Wrist postures in the general population of computer users during a computer task // Applied Ergonomics 44 (2013) 42-47
3. Yucel Yildirim, Sevtap Gunay, Didem Karadibak. Identifying factors associated with low back pain among employees working at a package producing industry // Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation 27 (2014) 25–32

4. Xu Xu, Jin Qin, Tao Zhang, Jia-Hua Lin. The effect of age on the hand movement time during machine paced assembly tasks for female workers // International Journal of Industrial Ergonomics 44 (2014) 148-152
5. Ann-Christine Falck, Mikael Rosenqvist A model for calculation of the costs of poor assembly ergonomics // International Journal of Industrial Ergonomics 44 (2014) 140-147
6. Simon Altemeier , Marcel Helmdach , Achim Koberstein & Wilhelm Dangelmaier. Reconfiguration of assembly lines under the influence of high product variety in the automotive industry—a decision support system // International Journal of Production Research Vol. 48, No. 21, 1 November 2010, 6235–6256
7. Clément Guerin, Jean-Michel Hoc, Nasser Mebarki. The nature of expertise in industrial scheduling: Strategic and tactical processes, constraint and object management // International Journal of Industrial Ergonomics 42 (2012) 457-468
8. Yakup Kara, Yakup Atasagun, Hadi Gökçen, Seda Hezer and Neslihan Demirel. An integrated model to incorporate ergonomics and resource restrictions into assembly line balancing // International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 2014. <<http://dx.doi.org/10.1080/0951192X.2013.874575>>
9. Anghel, D.-C., [Ene, A.](#), [Belu, N.](#) A matlab neural network application for the study of working conditions // Advanced Materials Research Volume 837, 2014, Pages 310-315
10. T. Dukic, M. Rönnäng and M. Christmansson. Evaluation of ergonomics in a virtual manufacturing process // Journal of Engineering Design Vol. 18, No. 2, April 2007, 125–137
11. J. Perez a, M.P. de Looze b,c, T. Bosch b, W.P. Neumann. Discrete event simulation as an ergonomic tool to predict workload exposures during systems design // International Journal of Industrial Ergonomics xxx (2013) 1-9
12. Susana Garcia-Herrero, M.A. Mariscal, Javier Garcia-Rodriguez, Dale O. Ritzel. Working conditions, psychological/physical symptoms and occupational accidents. Bayesian network models // Safety Science 50 (2012) 1760–1774
13. Daniele Regazzoni & Caterina Rizzi. Digital Human Models and Virtual Ergonomics

- to Improve Maintainability // Computer-Aided Design & Applications, 11(1), 2013, 10–19
14. R.H.Y. So, S.T. Lam. Factors affecting the appreciation generated through applying human factors/ergonomics (HFE) principles to systems of work // Applied Ergonomics 45 (2014) 99-109
15. Ivan Bolis, Sandra N. Morioka, Claudio M. Brunoro Laerte I. Sznclwar. Sustainability policies and Corporate Social Responsibility (CSR): Ergonomics contribution regarding work in companies // Proceedings of the human factors and ergonomics society 57th annual meeting - 2013
16. Интернет-ресурс: Эргономика рабочего места. <https://up-pro.ru/encyclopedia/ergonomika-rabochego-mesta/> (Дата обращения: 20.10.2021)
17. Интернет-ресурс: Профессиональные заболевания. <https://ru.m.wikipedia.org/wiki/> (Дата обращения: 21.10.2021)
18. Интернет-ресурс: Статистика травматизма на производстве. <https://www.centrattek.ru/info/statistika-proizvod-travmatizm-po-miru-rossija/> (Дата обращения: 21.10.2021)

Avkhadeeva E.A., Master student of the Transport Systems Service Department, Naberezhnye Chelny Institute, Kazan Federal University, email: endzhe025@mail.ru

Makarova I.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Transportation Systems Service Department, Naberezhnye Chelny Institute, Kazan Federal University, email: kamIVM@mail.ru

IMPROVING THE ASSEMBLY PROCESSES OF CARGO VEHICLES THROUGH EVALUATION OF WORKER ERGONOMICS AT THE DESIGN STAGE

Abstract: The article shows the ways to improve the efficiency and ergonomics of production processes in the automotive industry, which can be implemented using modern optimization methods and tools. A review of research in this area is given, as well as a specific example, the possibilities of modeling assembly processes in order to improve the safety of the working environment are considered.

Keywords: assembly production, improvement of working conditions, production factors, ergonomics