

## АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени доктора философии (PhD)  
по направлению подготовки: 8D071 – «Инженерия и инженерное дело»,  
образовательной программе: 8D07102 – «Транспорт, транспортная  
техника и технологии»

### Қасымжанова Айдана Дөненбайқызы

*Тема диссертационной работы:* Разработка конструкции и исследование работы подъемника для погрузки насыпных грузов в контейнеры.

*Актуальность работы:* В государственных программах развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2017-2021 годы, индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2020-2025 годы, инфраструктурного развития Республики Казахстан «Нұрлы Жол» на 2020-2025 годы, обозначены следующие основные проблемы при перевозке зерновых грузов: нехватка вагонов-зерновозов в сезон; дефицит мощностей по транспортировке при экспорте зерновых культур и др. Для решения данной проблемы представителями АО «НК «Қазақстан Темір Жолы» и Министерства железных дорог Китайской Народной Республики было принято, что перевозка зерновых грузов будет осуществляться в контейнерах, а необходимым условием перевозки будет являться тарирование груза в мешки по 50 кг. Однако, это весьма трудоемкий процесс, так как необходимо осуществлять погрузку-разгрузку каждого мешка в пунктах перегрузки. Поэтому контейнеризация перевозки зерновых грузов на железнодорожном транспорте не вышла на планируемые объемы.

На сегодняшний день по данной научной тематике имеются различные эффективные конструктивные решения по погрузке насыпных грузов в контейнеры для автомобильного транспорта. Предварительный анализ в РК и за рубежом показал полное отсутствие конструктивных решений, позволяющих эффективно осуществлять погрузку насыпных грузов в контейнеры на железнодорожном транспорте. Поэтому вопросы в области перевозки железнодорожным транспортом насыпных грузов в контейнерах за счет разработки подъемника для погрузки требует всестороннего изучения и создания научных основ данного направления. В связи с этим, разработка и исследование работы подъемника для погрузки насыпных грузов в контейнеры, является актуальной прикладной задачей.

Результаты диссертационной работы были использованы при реализации Республиканского гранта Комитета науки МОН РК ИРН АР14869550 «Разработка и исследование конструкции стационарного подъемника для погрузки зерновых грузов в контейнеры, перевозимые железнодорожными платформами».

*Целью работы* является установление зависимостей, позволяющих разработать конструкцию стационарного подъемника для погрузки насыпных грузов в контейнеры на железнодорожном транспорте.

*Основная идея работы* заключается в использовании стационарного подъемника для погрузки зерновых грузов через бункеры элеваторов сельскохозяйственных производств, в контейнеры, перевозимые железнодорожными платформами.

*Задачи исследования:* для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- выполнен литературно-патентный обзор способов погрузки зерновых грузов при контейнерных перевозках;
- разработана и исследована математическая модель процесса заполнения контейнера и определены динамические напряжения в конструкции грузозахватной рамы разрабатываемого стационарного подъемника;
- экспериментально подтверждена гипотеза о работоспособности предлагаемой конструкции стационарного подъемника и обработаны экспериментальные данные с проверкой теоретических данных на адекватность;
- разработано техническое задание на проектирование стационарного подъемника для погрузки зерновых грузов в контейнеры, перевозимые железнодорожными платформами.

*Объект исследования* – стационарный подъемник для погрузки насыпных грузов в контейнеры на железнодорожном транспорте.

*Предмет исследования* – напряженно-деформированное состояние конструкции подъемника при погрузке насыпных грузов в контейнеры на железнодорожном транспорте.

*Методы исследования:* Исследования проводились с применением комплексного метода исследования, включающего: методы поисковых исследований (аналитический и патентный поиск), теории прочности, математические методы исследований и методы планирования и обработки экспериментов.

*Научная новизна заключается в следующем:*

- впервые установлены зависимости напряжений в конструкции грузозахватной рамы стационарного подъемника, учитывающие время погрузки контейнера и радиус отверстия в бункере элеватора;
- установлена взаимосвязь времени заполнения контейнера при погрузке зерновых грузов в зависимости от радиуса отверстия в бункере элеватора;
- аналитическим путем получена картина напряженно-деформированного состояния конструкции грузозахватной рамы стационарного подъемника от времени заполнения контейнера и радиуса отверстия в бункере элеватора;
- экспериментальным путем установлены подтверждающие картину зависимости напряженно-деформированного состояния конструкции грузозахватной рамы и позволяющие определять основные конструктивные параметры стационарного подъемника для погрузки зерновых грузов в контейнеры, перевозимые железнодорожными платформами.

*Основные положения, выносимые на защиту:*

- зависимость времени заполнения контейнера при погрузке зерновых грузов должна учитывать радиус отверстия в бункере элеватора;
- зависимость напряжений в конструкции грузозахватной рамы стационарного подъемника должна учитывать коэффициент динамичности, который может меняться в зависимости от высоты падения зерновых грузов и радиуса отверстия в бункере элеватора;
- напряжено-деформированное состояние элементов грузозахватной рамы стационарного подъемника зависит от движения сыпучей среды (зерновых грузов), времени заполнения контейнера и радиуса отверстия в бункере элеватора.

*Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций* подтверждается использованием основных положений теорий прочности и математического моделирования; достаточной сходимостью результатов теоретических исследований с экспериментальными данными.

*Практическая значимость работы* заключается в разработке предложений, рекомендаций и технического задания на проектирование стационарного подъемника для погрузки зерновых грузов в контейнеры, перевозимые железнодорожными платформами.

*Личный вклад автора состоит в следующем:*

- в постановке цели и задач исследования и разработке стационарного подъемника для погрузки зерновых грузов в контейнеры, перевозимые железнодорожными платформами;
- в разработке математической модели процесса заполнения контейнера и определение динамических напряжений в конструкции грузозахватной рамы разрабатываемого стационарного подъемника;
- в проведении экспериментальных исследований системы «контейнер – подъемник» в программной среде ANSYS;
- в разработке технического задания на проектирование стационарного подъемника для погрузки зерновых грузов в контейнеры, перевозимые железнодорожными платформами.

*Реализация результатов работы.* Получен акт внедрения в ТОО «КазТрансПромМаш» технического задания на разработку стационарного подъемника для погрузки насыпных грузов в контейнеры на железнодорожных платформах. Получен акт о внедрении в учебный процесс КарГУ им. Абылкаса Сагинова разработанной методики проведения экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния конструкции стационарного подъемника, предназначенного для погрузки зерновых грузов в контейнеры на железнодорожных платформах.

*Сведения о публикациях.* Основные положения диссертации опубликованы в 10-ти научных работах, в том числе 1 из которых в издании, имеющий по данным информационной базы показатель процентиля по CiteScore не менее 25-ти (двадцати пяти) в базе данных Scopus, 5 тезисах докладов на международных научно-практических конференциях, 2 из которых в зарубежных конференциях, 4 статьях в изданиях, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки

Министерства образования и науки Республики Казахстан (ныне Министерство науки и высшего образования РК) для публикации основных результатов докторских диссертаций. Имеются 1 свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права и 1 патент РФ на изобретение.

Результаты работы доложены и обсуждены в форме докладов на международных научных конференциях: в Международной научно-практической конференции «Транспорт России: проблемы и перспективы – 2020» (Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН, г. Санкт-Петербург, Россия); в Международной научно-технической конференции «Sustainable Transport Systems for Sustainable Economy» (Ташкентский государственный транспортный университет, г. Ташкент, Узбекистан); Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения» (ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, г. Астана); в Международных научно-практических конференциях – Сагиновские чтения №12-2020 и №13-2021 (КарТУ, г. Караганда). В статье «Experimental Study of Maximum Stresses in the Stationary Hoist Design in the Ansys Software Environment» в журнале «Communications – Scientific Letters of the University of Zilina (KOMUNIKACIE)» входящий в базу Scopus, процентиль по Mechanical Engineering – 36, <https://doi.org/10.26552/com.C.2022.4.B310-B318> автор разработал имитационные 3D модели конструкции стационарного подъемника, провел экспериментальное исследование и получил положительные результаты. В статье «Экспериментальное исследование прочностных характеристик грузозахватной рамы стационарного подъемника» в журнале «Вестник КазАТК» (Академия логистики и транспорта, Алматы, 2022 г.), раздел «Транспорт, Транспортная инженерия», автор исследовал прочностные характеристики грузозахватной рамы конструкции стационарного подъемника. В статье «Контейнерлерді бекіту және көтеруге арналған тоқтатқы саусақтардың кернеулі-деформацияланған күйін зерттеу» в журнале «Промышленный транспорт Казахстана» (Казахский университет путей сообщения, Алматы, 2020 г.), автор исследовал напряженно-деформированное состояние стопорных пальцев конструкции стационарного подъемника. В статье «To the Question of Increasing LPI By Improving the Method of Loading Containers» в журнале «Труды Университета» (КарТУ, Караганда, 2020 г.), раздел «Транспорт», автор разработал конструкцию стационарного подъемника и исследовал распределения напряжений в конструкции контейнера при погрузке насыпными грузами.

**Заключение.** Диссертационная работа содержит новые научно-обоснованные результаты, использование которых обеспечивает решение важной прикладной задачи.

**Объем и структура работы.** Диссертация состоит из введения, 4 разделов и заключения, изложенных на 129 страницах машинописного

текста, которые поясняются 75 рисунками, 13 таблицами, списком использованных источников из 104 наименований и 4 приложениями.

*Краткие выводы по результатам диссертационных исследований:*

1. Произведенный литературно-патентный обзор способов погрузки зерновых грузов при контейнерных перевозках позволил сделать вывод об отсутствии эффективных конструкций подъемников для их погрузки в контейнеры на железнодорожных платформах.

2. Выполнено математическое моделирование статических и динамических напряжений в конструкции грузозахватной рамы стационарного подъемника при погрузке зерновых грузов в 20-футовый контейнер в программной среде Mathcad. При расчете динамических напряжений учитывается коэффициент динамичности, который может меняться в зависимости от высоты падения зерновых грузов и радиуса отверстия отпусковых труб погрузочного бункера элеватора. В ходе обработки и анализа результатов математического моделирования, получены: зависимости статических напряжений ( $\sigma_i$ , МПа) от действующих нагрузок ( $F_i/S$ , МПа) для 4-х испытываемых положений (при  $90^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $0^\circ$ ) в программной среде Mathcad; зависимость времени заполнения контейнера от радиуса отверстия отпусковых труб погрузочного бункера; зависимость динамических напряжений от радиуса отверстия отпусковых труб погрузочного бункера.

3. Проведены экспериментальные исследования системы «контейнер – грузозахватная рама» в программной среде ANSYS. Исследования проводились для проверки справедливости гипотезы о работоспособности предлагаемой конструкции грузозахватной рамы стационарного подъемника для погрузки зерновых грузов в контейнеры на железнодорожных платформах. В ходе обработки и анализа результатов экспериментального исследования: получены экспериментальные зависимости выходных показателей ( $\sigma_{эi}$ , МПа) от влияющих факторов ( $F_i/S$ , МПа) для 4-х испытываемых положений (при  $90^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $0^\circ$ ) в программной среде ANSYS; используя метод наименьших квадратов для полученных экспериментальных зависимостей определены эмпирические уравнения для 4-х испытываемых положений (при  $90^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $0^\circ$ ); сравнение экспериментальных и теоретических показателей выявила положительную сходимость; определены коэффициенты корреляции, показавшие степень тесноты связи  $r = 98 \%$ ; определены коэффициенты детерминации  $k_d$ , который позволили выявить, что 95-98 % разброса определяется изменчивостью  $x$ , а 1-5 % – другими причинами, т.е. изменчивость функций почти полностью характеризуется разбросом факторов  $x$ ; оценка пригодности гипотезы исследования, а также теоретических данных на адекватность (определение ошибки аппроксимации экспериментальных данных) по критерию Фишера показала, что модели адекватны, т.е. полученные математические модели с доверительной вероятностью 95% хорошо описывает изучаемый процесс. Сравнение результатов расчета выполненных в прикладной программе Mathcad с результатами тестовых испытаний, выполненных в программной среде

ANSYS, в целом, подтвердила адекватность расчетных значений, и погрешность не превышает 30%.

4. Определены основные параметры и рекомендовано оборудование для разрабатываемого стационарного подъемника: предложена принципиальная гидравлическая схема поступательного движения гидроприводов подъема-опускания грузозахватной рамы; проведены расчеты и выбор гидроцилиндров, насосов, электродвигателей, материалов для грузозахватной рамы; рассмотрены режимы работы подъемника, позволившие определить ход штоков гидроцилиндров при работе данных режимов.

5. Разработано «Техническое задание на разработку стационарного подъемника для погрузки насыпных грузов в контейнеры на железнодорожных платформах».

*Разработка рекомендаций и исходных данных по конкретному использованию результатов.* Разработанная методика расчета процесса заполнения контейнера и динамических напряжений в конструкции грузозахватной рамы разрабатываемого стационарного подъемника может быть рекомендована научным, инженерно-техническим работникам, занимающимся проектированием подъемно-транспортного оборудования, а также проектным и научно-исследовательским институтам. Исходными данными по конкретному использованию результатов являются результаты выполненных научно-исследовательских и экспериментальных работ.

*Оценка технико-экономической эффективности внедрения.* Годовой экономический эффект от внедрения разрабатываемого стационарного подъемника в условиях элеватора Сарыбель находится в пределах 25 млн. тнГ.

*Оценка научного уровня выполненной работы в сравнении с лучшими достижениями в данной области.* В данной работе впервые получены следующие результаты:

- впервые установлены зависимости напряжений в конструкции грузозахватной рамы стационарного подъемника, учитывающие время погрузки контейнера и радиус отверстия в бункере элеватора;
- установлена взаимосвязь времени заполнения контейнера при погрузке зерновых грузов в зависимости от радиуса отверстия в бункере элеватора;
- аналитическим путем получена картина напряжено-деформированного состояния конструкции грузозахватной рамы стационарного подъемника от времени заполнения контейнера и радиуса отверстия в бункере элеватора;
- экспериментальным путем установлены подтверждающие картину зависимости напряжено-деформированного состояния конструкции грузозахватной рамы и позволяющие определять основные конструктивные параметры стационарного подъемника для погрузки зерновых грузов в контейнеры, перевозимые железнодорожными платформами.