

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»



На правах рукописи

Григорьев Павел Александрович

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СТРЕЛОВЫХ САМОХОДНЫХ
КРАНОВ ПРИ РАБОТЕ НА СЛАБОНЕСУЩИХ ГРУНТАХ**

05.02.02 – Машиноведение, системы приводов и
детали машин

05.05.04 – Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель
доктор технических наук, профессор
Сладкова Любовь Александровна

Москва – 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА.....	11
1.1 Анализ показателей аварийности (отказов) стреловых самоходных кранов при эксплуатации.....	11
1.2 Анализ способов оценки устойчивости крановых конструкций при работе на слабонесущих грунтах	22
1.3 Анализ современных технических решений обеспечения устойчивости крановых конструкций	27
1.3.1 Патенты смежные	28
1.3.2 Безопасность машины	28
1.3.3 Позиционирование опор	29
1.3.4 Горизонтирование платформы	32
1.3.5 Изменение конструкции аутригеров с целью повышения надежности ...	34
1.3.6 Контроль устойчивости.....	36
1.3.7 Повышение удобства эксплуатации и монтажа	39
1.3.8 Устройство для повышения устойчивости самоходной грузоподъемной машины	40
1.3.9 Повышение несущей способности опоры	41
1.3.10 Изменение системы гидропривода	42
1.4 Классификационные признаки обеспечения устойчивости самоходных кранов.....	45
1.5 Анализ теоретических и экспериментальных исследований обеспечения устойчивости крановых конструкций на слабонесущих грунтах.....	47
1.6 Выводы по первому разделу	54
2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИ РАБОТЕ НА СЛАБОНЕСУЩИХ ГРУНТАХ	57
2.1 Физико-механические свойства грунтов	57

2.2 Моделирование обеспечения устойчивости транспортных средств при работе на слабонесущих грунтах	59
2.3 Моделирование усилий в опорах стреловых самоходных кранов при работе	65
2.4 Выводы по второму разделу	70
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИ РАБОТЕ НА СЛАБОНЕСУЩИХ ГРУНТАХ	71
3.1 Алгоритм проведения экспериментальных исследований	71
3.2 Первый этап экспериментальных исследований	73
3.2.1 Методика проведения эксперимента	73
3.2.2 Создание экспериментальной установки. Определение усилий под опорами	78
3.2.3 Анализ уравнений регрессии	86
3.3 Второй этап экспериментальных исследований	88
3.3.1 Определение усилий проседания грунта	88
3.4. Выводы по третьему разделу	94
4 ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	97
4.1 Разработка рекомендаций по обеспечению работоспособности крановой конструкции при эксплуатации на слабонесущих грунтах	97
4.2 Разработка рекомендаций по обеспечению выравнивания усилий под опорами	100
4.3 Описание конструкции и принципа работы устройства обеспечения устойчивости стреловых самоходных кранов при работе на слабонесущих грунтах.....	104
4.4 Условия работы устройства обеспечения устойчивости стреловых самоходных кранов при работе на слабонесущих грунтах	110
4.5 Выводы по четвертому разделу	117
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	119
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	122

Приложение А	146
Приложение Б	238
Приложение В.....	253
Приложение Г	261
Приложение Д.....	269

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Обеспечение устойчивости стреловых самоходных кранов при выполнении работ на слабонесущих грунтах является важной задачей. Это связано с тем, что значительная часть всех аварий грузоподъемных машин данного типа сопровождается опрокидыванием [1]. Потеря устойчивости, как правило, приводит к разрушению самой машины без возможности её дальнейшего восстановления и эксплуатации и к возможным вторичным разрушениям и человеческим жертвам. Опрокидывание крана может произойти по различным причинам, но, как правило, это связано со значительным превышением опрокидывающего момента по сравнению с удерживающим. Одной из причин потери устойчивости стреловых самоходных кранов может быть просадка выносных опор крана (аутригеров) при выполнении работ на слабонесущих грунтах. В процессе исследований для подтверждения актуальности темы проанализированы ежегодные отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору за 2008-2018 года [1].

В результате проведенного анализа выявлено, что среднее соотношение количества аварий зафиксированных при работе грузоподъемных кранов, приходящихся на стреловые самоходные краны (на гусеничном и автомобильном шасси) составляет 45 % от общего количества аварий.

По результатам анализа одной из основных причин опрокидывания стреловых самоходных кранов при их эксплуатации является потеря устойчивости при выполнении работ, в том числе значительное количество аварий происходит по причине неравномерной просадки грунта под аутригерами.

Таким образом, специфика и сложность работ, количество аварий, зафиксированных при эксплуатации стреловых самоходных кранов на слабонесущих грунтах, по отношению к другим видам грузоподъемного оборудования свидетельствуют об актуальности диссертационной работы.

Степень разработанности темы:

Вопросы нормирования методик расчёта устойчивости стреловых самоходных кранов отражены в работах В.С. Котельникова, А.А. Зарецкого, Г.А. Емельяновой, Е.В. Куликовой и др.

Исследованиям безопасной эксплуатации и обеспечения устойчивости стреловых кранов посвящены работы отечественных авторов Л.Г. Кифера, И.И. Абрамовича, М.П. Александрова, Я.С. Ватулина, М.М. Гохберга, А.А. Зарецкого, С.А. Зыряновой, Ф.К. Иванченко, А.А. Ковина, М.В. Козлова, М.С. Корытова, К.М. Мамаева, Е.А. Потахова, Д.А. Потахова, А.В. Редькина, П.А. Сорокина, Л.А. Сладковой, А.В. Чернова и др.

Вопросы обеспечения грузовой устойчивости стреловых самоходных кранов были рассмотрены такими зарубежными авторами: R. Abo-Shanab, X. Ai, L.P. Bao, Z. Budniak, W.H. Chieng, D.D. Fujioka, T. Geisler, S.L. Jeng, T. Jones, W. Kacalak, M. Majewski, J.B. Qian, A. Rauch, N. Sepehri, W. Singhose, C.F. Yang и др.

Устойчивость мобильных грузоподъёмных машин при выполнении работ на слабонесущих грунтах рассмотрена в работах авторов И.Д. Бровкина, И.С. Бычкова, С.И. Вахрушева, А.П. Грачева, А.В. Лагерева, И.А. Лагерева, А.В. Редькина, В.В. Сизова, Л.А. Сладковой, П.А. Сорокина, А.В. Чернова, В.С. Щербакова и др.

Объектом исследования являются краны стреловые самоходные общего назначения.

Предмет исследования – усилия под опорами и просадка их при работе стрелового самоходного крана на слабонесущих грунтах.

Цель диссертационного исследования – повышение устойчивости стреловых самоходных кранов при работе на слабонесущих грунтах.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие **задачи диссертационного исследования:**

- выявить классификационные признаки обеспечения устойчивости стреловых самоходных кранов;

- провести теоретические и экспериментальные исследования способа обеспечения устойчивости для работы стреловых самоходных кранов на слабонесущих грунтах;
- разработать научно обоснованное устройство и рекомендации по его практической реализации для обеспечения устойчивости при эксплуатации стреловых самоходных кранов на слабонесущих грунтах.

Научная новизна работы состоит в следующем:

- выявлены классификационные признаки обеспечения устойчивости стреловых самоходных кранов;
- разработан способ обеспечения устойчивости стреловых самоходных кранов при работе на слабонесущих грунтах;
- разработана методика проведения эксперимента и получены результаты экспериментальных исследований обеспечения устойчивости стреловых самоходных кранов при работе на слабонесущих грунтах;
- предложено научно обоснованное усовершенствование конструкции стрелового самоходного крана для работы на слабонесущих грунтах.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в том, что:

- разработанная методика проведения эксперимента и полученные результаты экспериментальных исследований позволяют проводить исследования по оценке усилий под опорами и их просадке при работе стрелового самоходного крана на слабонесущих грунтах любого состояния;
- теоретически и экспериментально подтверждена целесообразность усовершенствования конструкции стрелового самоходного крана для работы на слабонесущих грунтах.

Методология и методы исследования.

В диссертационной работе использованы обобщение, системный анализ справочной и научно-технической литературы по направлению исследования. Применены методы масштабного моделирования для проведения

экспериментальных исследований. Обработка полученных результатов выполнялась в программных комплексах: Microsoft Excel, Mathcad Prime 4.0, Wolfram Mathematica 11.2.

Положения, выносимые на защиту:

- классификационные признаки обеспечения устойчивости стреловых самоходных кранов;
- результаты теоретических и экспериментальных исследований обеспечения устойчивости при работе стреловых самоходных кранов на слабонесущих грунтах;
- научно обоснованный способ и устройство обеспечения устойчивости стреловых самоходных кранов на слабонесущих грунтах.

Степень достоверности результатов.

Достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций диссертационной работы основана на достижениях в области теоретических и экспериментальных исследований в данном направлении.

Результаты экспериментальных исследований подтверждены критериями:

- воспроизводимости – Кохрена с доверительной вероятностью 0,95, числе степеней свободы 4, числе опытов 8;
- значимости коэффициентов уравнений регрессии – Стьюдента с доверительной вероятностью 0,95, числе степеней свободы 7;
- адекватности уравнений регрессий – Фишера с доверительной вероятностью 0,95 и числами степеней свободы f_1 , f_2 .

Апробация работы. Основные и промежуточные результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на заседаниях кафедры «Наземные транспортно-технологические средства» РУТ(МИИТ) в 2018-2020 годах, а также на шести научно-технических конференциях и форумах российского и международного уровня:

- Международная научно-техническая конференция «Наземные транспортно-технологические комплексы и средства» (2019 год, ФГБОУ ВО «ТИУ», г. Тюмень);

- XXIII Московская международная межвузовская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы» (4 апреля 2019 года, НИУ МГСУ, г. Москва);
- Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием «Энергоэффективность автотранспортных средств: Нанотехнологии, информационно-коммуникационные системы, альтернативные источники энергии» (4-7 июня 2019 года, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», г. Воронеж);
- Профессорский форум 2019 «Наука. Образование. Регионы» (2019 год, г. Москва);
- XXIV Московская международная межвузовская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы» (2020 год, МГТУ им. Н. Э. Баумана, г. Москва);
- Международный военно-технический форум «Армия-2020» (Круглый стол ФГБУ «ЦНИИИ ИВ» Минобороны России «Особенности подконтрольной эксплуатации средств инженерного вооружения при их жизненном цикле», 26 августа 2020 года).

Реализация и внедрение результатов работы:

Результаты исследований внедрены в учебный процесс в ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта» на кафедре «Наземные транспортно-технологические средства» при изучении дисциплин: «Грузоподъемные машины и оборудование», «Испытания подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования».

Теоретические разработки диссертации и их практическая реализация рекомендованы к внедрению на предприятиях ООО «Т-СЕРВИС» (г. Брянск) и ФГБУ «ЦНИИИ ИВ» Минобороны России.

Публикации. По результатам проведенных исследований опубликовано 10 печатных работ, из них 3 из перечня рецензируемых изданий ВАК Российской Федерации. Получен патент на изобретение RU 2 723 503 C1.

Личный вклад автора диссертационной работы.

Проведен анализ аварий с участием стреловых самоходных кранов с 2008 по 2018 год, в результате которого подтверждена актуальность темы исследования. При анализе существующих способов оценки устойчивости и экспериментальных исследований в этом направлении, выявлено, что в настоящее время не разработано способов оценки устойчивости при работе на слабонесущих грунтах. В процессе анализа патентной литературы с глубиной поиска более 40 лет были выявлены дополнительные классификационные признаки обеспечения устойчивости стреловых самоходных кранов.

В процессе теоретических исследований получены зависимости, позволяющие усовершенствовать стреловой самоходный кран за счет увеличения площади его опорной поверхности и обеспечения несущей способности грунтов. Полученные результаты подтверждены при проведении экспериментальных исследований.

Предложена практическая реализация по научно и экспериментально обоснованному усовершенствованию стреловых самоходных кранов, повышающая устойчивость машины при работе на слабонесущих грунтах, новизна которого подтверждена патентом на изобретение RU 2 723 503 C1 (Приложение Д).

Проведенные исследования предлагаемого технического решения в статическом, кинематическом и динамическом режимах нагружения позволили определить соотношением скоростей движения базовой машины и барабана, определить силу натяжения в ленте.

Структура и объем диссертации.

Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения с основными результатами и выводами, списка литературы из 161 наименования, 5 приложений. Общий объем диссертации составляет 269 страниц, включая 57 рисунков и 23 таблицы.

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

1.1 Анализ показателей аварийности (отказов) стреловых самоходных кранов при эксплуатации

На территории РФ существуют большое число поднадзорных предприятий и организаций, в которых на эксплуатации находятся подъемные сооружения различного вида и назначения. К ним относятся краны, лифты, канатные дороги, фуникулеры, эскалаторы, подъемники (вышки, грузопассажирские строительные подъемники и подъемники для инвалидов) [1]. Их количество и процентное соотношение по видам ежегодно меняется в зависимости от потребностей государства. Также меняется и число поднадзорных предприятий и организаций. Изменения их численности за период с 2008 по 2018 год [1] представлены на рисунке 1.1. Контроль и сбор статистической информации о работе поднадзорных предприятий и организаций осуществляется Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) [1].

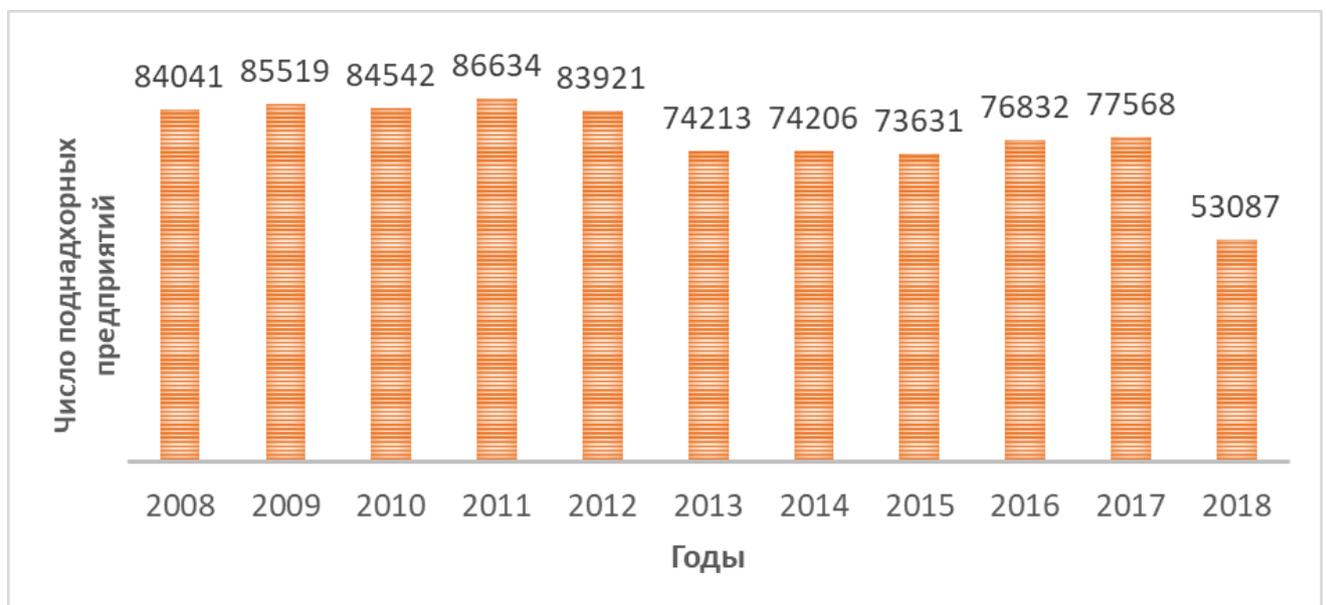


Рисунок 1.1 – Число поднадзорных предприятий и организаций за период 2008-2018 г.

Анализ рисунка 1.1 показывает стойкую тенденцию снижения количества предприятий и организаций с 2008 по 2018 год. Со спадом количества организаций

наблюдается и спад численности, закрепленной за ними подъемной техники (см. таблицу 1.1). Аналогичное заключение можно сделать и в отношении грузоподъемных кранов (самоходных, башенных и т.п.).

Таблица 1.1 – Число грузоподъемных кранов по рассматриваемым организациям по отношению к общему числу других видов техники

Вид техники	Годы									
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Число подъемных сооружений	756395	766103	762180	800899	815727	811191	816682	776068	725284	738479
В том числе кранов, шт.	245276	237983	232111	241903	243952	240402	242231	204780	200113	199784
% наличия кранов	32,4	31,06	30,45	30,2	29,9	29,64	29,66	26,39	27,59	27,05

Например, сокращение числа подъемных сооружений в 2015 г. по сравнению с 2014 г. на 40614 единиц связано с работой по актуализации информации по заполнению подсистемы КСИ «Реестр ТУ» проведенной региональными органами Ростехнадзора [1]. Было устранено дублирование технических устройств и сняты с учета грузоподъемные краны, зарегистрированные еще до вступления в силу в 1997 г. Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» № 116-ФЗ [2] а также те, которые были ранее не включены в состав опасных производственных объектов. Были сняты с учета грузоподъемные краны ликвидированных организаций [1].

Проанализировано распределение аварий и причины их возникновения за период с 2008 по 2018 годы для грузоподъемных кранов, находящихся на учете в поднадзорных организациях [1]. Результаты анализа представлены в таблице 1.2.

Из таблицы 1.2 выявлено, что максимальное число аварий различного характера в численном и процентном отношении за этот период времени приходится на башенные краны (38 %), далее приоритет принадлежит кранам самоходным на автомобильном ходовом оборудовании (26 %) и кранам на гусеничном ходовом оборудовании (19 %).

Таблица 1.2 – Распределение аварий по видам грузоподъемных кранов

Вид оборудования	Всего	Годы										
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Число аварий кранов в поднадзорном предприятии, в том числе:	$\frac{382}{100}$	$\frac{38}{100}$	$\frac{28}{100}$	$\frac{28}{100}$	$\frac{42}{100}$	$\frac{47}{100}$	$\frac{27}{100}$	$\frac{28}{100}$	$\frac{43}{100}$	$\frac{42}{100}$	$\frac{29}{100}$	$\frac{30}{100}$
краны на гусеничном ходовом оборудовании	$\frac{74}{19}$	$\frac{7}{18}$	$\frac{4}{14}$	$\frac{6}{21}$	$\frac{11}{26}$	$\frac{5}{11}$	$\frac{4}{15}$	$\frac{6}{21}$	$\frac{11}{26}$	$\frac{11}{26}$	$\frac{3}{10}$	$\frac{6}{20}$
краны самоходные на автомобильном ходовом оборудовании	$\frac{97}{26}$	$\frac{17}{45}$	$\frac{10}{36}$	$\frac{7}{25}$	$\frac{10}{24}$	$\frac{14}{30}$	$\frac{7}{26}$	$\frac{5}{18}$	$\frac{8}{17}$	$\frac{7}{17}$	$\frac{9}{31}$	$\frac{3}{10}$
мостовые	$\frac{18}{5}$	$\frac{1}{3}$	—	$\frac{7}{25}$	—	—	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	—	$\frac{2}{5}$	$\frac{3}{10}$	$\frac{2}{7}$
козловые	$\frac{27}{7}$	—	$\frac{3}{11}$	—	$\frac{5}{12}$	$\frac{5}{11}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{4}{9}$	$\frac{3}{7}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{2}{7}$
башенные	$\frac{146}{38}$	$\frac{12}{31}$	$\frac{11}{39}$	$\frac{8}{29}$	$\frac{13}{31}$	$\frac{22}{48}$	$\frac{12}{44}$	$\frac{12}{43}$	$\frac{20}{47}$	$\frac{13}{31}$	$\frac{9}{31}$	$\frac{14}{46}$
Прочие (трубоукладчики, автоподъемники, порталные, железнодорожные краны и пр.)	$\frac{20}{5}$	$\frac{1}{3}$	—	—	$\frac{3}{7}$	—	$\frac{2}{7}$	$\frac{2}{7}$	—	$\frac{6}{14}$	$\frac{3}{10}$	$\frac{3}{10}$
Примечание: числитель – число аварий; знаменатель – процент от общего числа аварий												

На другие рассматриваемые в таблице 1.2 виды подъемных сооружений (козловые, мостовые и прочие виды подъемных сооружений) приходится в совокупности 17 %. К тому же аварии на кранах, ведут к значительному экономическому ущербу, исчисляемому в миллионах рублей (см. таблицу 1.3) и травматизму обслуживающего персонала. Например, в 2012 году ущерб от аварий составил более 200 млн руб., было травмировано 58 человек, из них 30 – со смертельным исходом. Таким образом задача повышения безопасности эксплуатации и обеспечения устойчивости грузоподъемных кранов является актуальной.

По результатам заключений Ростехнадзора [1] исследованы основные причины аварий кранов (см. таблицу 1.4) по годам.

Из анализа таблицы 1.4 следует, что основные причины аварийности кранов можно классифицировать следующим образом в зависимости от характера их возникновения:

- техногенного характера (неисправность устройств грузоподъемного оборудования и приборов безопасности);
- природного характера (землетрясения, селевые потоки и оползни, бури, ураганы, смерчи);
- организационного характера (нарушение правил эксплуатации грузоподъемных кранов и инструкций по охране труда, неправильные действия персонала, несвоевременная регистрация подъемных средств и прочее);
- эксплуатационного характера (перегруз, выполнение погрузочно-разгрузочных работ на слабонесущих грунтах и грунтах не отвечающим требованиям к площадке для установки крана, нарушение правил эксплуатации грузоподъемных кранов при производстве работ).

Таблица 1.3 – Экономический ущерб и численность травматизма от аварий кранов

Вид оборудования	Всего	Годы										
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Число аварий подъемных сооружений в поднадзорном предприятии, в том числе:	412	$\frac{38}{9,1}$	$\frac{28}{6,8}$	$\frac{32}{7,8}$	$\frac{39}{9,5}$	$\frac{49}{11,9}$	$\frac{30}{7,3}$	$\frac{34}{8,3}$	$\frac{50}{12,1}$	$\frac{47}{11,4}$	$\frac{32}{7,8}$	$\frac{33}{8}$
Экономический ущерб от аварий, млн. руб	1470	165	62	81	94	200	80	50	90,5	277,6	369,9	*
Число аварий, понесшие человеческие жертвы	132	17	12	18	18	32	20	15	*	*	*	*
Число травмированных людей в результате аварий, в т.ч.	184	24	16	21	23	58	24	18	*	*	*	*
- со смертельным исходом	98	15	7	13	15	30	12	6	*	*	*	*
Групповые несчастные случаи	83	5	3	4	5	12	9	13	15	12	5	*
Примечание: 1. Данные приведены для всех видов подъемных сооружений; 1. Числитель – число аварий; знаменатель – процент от общего числа аварий; 2. * - нет данных.												

Таблица 1.4 – Причины аварий кранов по данным Ростехнадзора

Год	Причины аварий
2009 г.	От общего числа аварий 11 % произошли в результате воздействия природных факторов (ураган, шквалистый ветер) [1].
2010 г.	<p>25 % аварий подъемных сооружений произошло по организационным причинам, в том числе:</p> <ul style="list-style-type: none"> - из-за неэффективности или отсутствия производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности (16 %); - неправильной организации работ (9 %). <p>53 % аварий произошло по техническим причинам (неисправность технических устройств и средств противоаварийной защиты) произошло.</p> <p>19 % аварий (6 аварий из 32-х) произошли в результате воздействия природных факторов (ураган, шквалистый ветер).</p> <p>Из-за перегруза и неисправность приборов безопасности произошло 7 несчастных случаев.</p> <p>Особо следует отметить рост числа аварий и несчастных случаев (в том числе групповых), происшедших при эксплуатации подъемных сооружений, не зарегистрированных в органах Ростехнадзора [1].</p>
2011 г.	<p>69 % аварий произошло по техническим причинам (неисправность технических устройств, средств противоаварийной защиты и др.).</p> <p>10 % аварий (четыре аварий из 39) произошли при воздействии природных факторов (ураган, шквалистый ветер). При этом в 2010 г. по данной причине зафиксировано 6 аварий (19 % от общего числа аварий за 2010 г) [1].</p>
2012, 2013 г.	<p>Треть аварий от их общего числа произошла на подъемных сооружениях:</p> <ul style="list-style-type: none"> - по техническим причинам (неисправность технических устройств или неисправности (отсутствия) приборов безопасности); - неэффективность производственного контроля; - нарушение технологической и трудовой дисциплины; - неправильные или несогласованные действия обслуживающего персонала и неправильная организация производства работ. <p>9 из 49 аварий произошли в условиях воздействия природных факторов (ураган, шквалистый ветер).</p> <p>13 аварий, произошло при эксплуатации подъемных сооружений, не зарегистрированных в органах Ростехнадзора [1].</p>

Аварии кранов с описанием их возможной причины представлены на рисунках 1.2 - 1.11.

Авария в г. Житомир 29 августа 2019 года (см. рисунок 1.2) [3] произошла в процессе подъема груза (блока с шифером), вес которого не превышал допустимой величины. В процессе подъема груза два аутригера были выставлены на

асфальтовое покрытие, а два других расположены на грунте. Это привело к перекосу крана и увеличило его опрокидывающий момент.



Рисунок 1.2 – Кран «Силач», г. Житомир, 29 августа 2011 г. [3]

При аварии на рисунке 1.3 [4] явно были нарушены требования эксплуатации кранов при ведении погрузочно-разгрузочных работ, связанные с расположением крана на расстоянии недопустимом для ведения работ такого характера.



Рисунок 1.3 – Автокран, г. Гомель, 6 ноября 2016 г. [4]

В Омске 1 сентября 2009 года [5] в самый разгар строительных работ на виадуке упал 60-тонный автокран. Падение произошло в результате обрушения

грунта, потерявшего прочность в результате продолжительных осадков. В результате аварии были повреждены кабина и дорогостоящее оборудование.

В Благовещенске 1 ноября 2011 г. на строительной площадке наклонился автомобильный кран марки СР 250 СП КАТО грузоподъемностью 25 тонн [6]. Авария произошла в результате подъеме груза на третий этаж строящегося жилого дома (см. рисунок 1.4, а). Судя по рисунку произошел разлом опорного щита (плиты) под аутригером, что привело к изменению центровки крана.

Аналогичная авария произошла в Липецке 4 августа 2015 года с краном на базе автомобиля КамАЗ. Кран был закреплен на асфальте специальными приспособлениями (см. рисунок 1.4, б) [7]. Опрокидывание произошло, в момент подъема цементного раствора весом в несколько тонн.



а)



б)

а) марки СР 250 СП КАТО грузоподъемностью 25 тонн (1 ноября 2011 г.) [6]

б) на базе автомобиля КамАЗ [7]

Рисунок 1.4 – Аварии автомобильных кранов

Чаще всего опрокидывание кранов происходит при работе на слабонесущих грунтах (супеси). На рисунках 1.5 [8], 1.6 [9] показаны аварии кранов в результате нарушения устойчивости при работе на слабонесущих грунтах. В какой-то момент времени произошло проседание грунта под опорой крана, в результате чего кран упал на рабочего.



Рисунок 1.5 – Опрокидывание крана (Минск, Беларусь) 23.09.2014 г. [8]



Рисунок 1.6 – Опрокидывание крана (Кувандык) 23.06.2016 г. [9]

В Кемерово (см. рисунок 1.7) во время ремонтных работ на тепловых сетях упал автомобильный кран [10].



Рисунок 1.7 – Авария в Кемерово (16.09.2016 г.) [10]

В результате превышения грузоподъемности 24.10.2018 г. в Нижнем Новгороде автокран на базе КамАЗ упал на территорию детского сада № 361 (см. рисунок. 1.8) [11], а 16.09.2013 аналогичная авария произошла на стройке в Смоленске (см. рисунок 1.9) [12].



Рисунок 1.8 – Авария в Нижнем Новгороде [11]



Рисунок 1.9 – Авария в Смоленске [12]

Потеря устойчивости крана в Бресте (Беларусь) 17.10.2015 [13] произошла при его работе на слабонесущих грунтах (см. рисунок 1.10).



Рисунок 1.10 – Авария в Бресте (17.10.2015 г.)

В Уфе 28.05.2010 г. во время строительных работ (замена электроопор для троллейбусных линий) упал автокран на базе автомобиля «МАЗ» [14]. Причина аварии проседание грунта из-за проливных дождей и нарушение технологии ведения работ (см. рисунок 1.11).



Рисунок 1.11 – Авария в Уфе (28.05.2010 г.) [14]

Детальный анализ показал, что большинство аварий, связанных с опрокидыванием крана произошла в результате потери краном устойчивости при работе на слабонесущих грунтах. Причем устойчивость крана будет изменяться в сторону увеличения опрокидывающего момента при расположении стрелы направленной не вдоль продольной оси стрелового самоходного крана, а под углом к ней.

Как было отмечено выше, обеспечение безаварийной работы стреловых самоходных кранов и повышение их устойчивости при выполнении работ на слабонесущих грунтах, является одной из главных научных задач на сегодняшний день. Анализ материалов научно-технической литературы поставленной задачи проводился по трем направлениям: теоретические, экспериментальные и практические исследования.

1.2 Анализ способов оценки устойчивости крановых конструкций при работе на слабонесущих грунтах

В области теоретических исследований, проводимых В.С. Котельниковым, А.А. Зарецким и А.Б. Макаровым рассматриваются вопросы, связанные с основными направлениями развития кранов и методиками расчета. Следует отметить, что в предлагаемых методиках [15] отсутствуют нормы расчета, основанные на вероятностных подходах, что исключает возможность создания подъемных сооружений с учетом допустимых рисков. Предложенная ими концепция построения гармонизированных стандартов и установленные направления научных работ с целью разработки методов получения конкретных технических данных для включения их в гармонизированные стандарты требуют уточнений с учетом работы кранов на слабонесущих грунтах.

Работа авторов Ф.А. Гуляева, Я.А. Батищева, Г.А. Емельяновой и Е.В. Куликовой [16] посвящена разработке требований нормативных документов (введение в Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» пункта по проведению испытаний на собственную устойчивость при проведении технических освидетельствований стреловых самоходных кранов) по обеспечению общей устойчивости стреловых кранов.

По определению [18] под устойчивостью понимается способность грузоподъемной машины оказывать противодействие опрокидывающим моментам. Установлено, что в классическом варианте в области грузоподъемного оборудования [17 - 19], устойчивую работу крана принято оценивать по величине коэффициента запаса устойчивости k_y , значение которого является определяющим в разработанных нормативных документах [20 - 23]. Различают следующие виды устойчивости:

- грузовая, определяемая как возможность крана оказывать противодействие опрокидывающим моментам, создаваемыми весом груза, силами инерции, ветровой нагрузкой рабочего состояния [18];
- под собственной же понимается возможность крана противодействовать опрокидывающим моментам без наличия груза, создаваемым ветровой нагрузкой и другими факторами [18].

Авторы М.П. Александров, М.М. Гохберг, А.А. Ковин и др. [19] проводили исследования грузовой устойчивости кранов на основании нормативного документа [22], как отношение опрокидывающего момента к удерживающему, определяемого относительно ребра опрокидывания. Для оценки опрокидывающего момента ими учитывались только грузовая и ветровая нагрузки нерабочего состояния, а при определении удерживающего состояния им учитывался угол наклона крана относительно горизонтальной поверхности, что, возможно, являлось причиной смещения центра тяжести. Для оценки устойчивости при работе крана на слабонесущих грунтах авторами вводится понятие контактного давления под шинами крана исходя из их геометрических характеристик. На наш взгляд, предлагаемые и неоднократно апробированные методы расчета не позволяют получить ответ на вопрос по урегулированию устойчивости кранов при работе на слабонесущих грунтах.

Автор Ф.К. Иванченко [20] с учетом основных теоретических положений Л.Г. Кифера, И.И. Абрамовича, М.П. Александрова, М.М. Гохберга и др. [17 - 19] приводит расчетные зависимости для определения устойчивости кранов различных типов при работе на прочном основании, при движении и ударе.

Согласно нормативному документу [23] мерой устойчивости является коэффициент устойчивости крана, вычисляется по формуле:

$$k_y = \frac{m_0 \cdot M_y}{k \cdot M_O^H} \geq 1, \quad (1.1)$$

где m_0 – коэффициент условий работы;

$M_y = G_K^H \cdot b_{K2-4}$ – удерживающий момент, относительно принятого ребра опрокидывания;

k – коэффициент перегрузки, учитывающий влияние случайных составляющих нагрузок, действующих на кран;

$M_O^H = M_Q^H + M_{WK}^H + M_{WQ}^H$ – опрокидывающий момент;

$M_Q^H = Q^H \cdot b_{Q2-4}$ – момент от нормативной составляющей веса груза;

M_{WK}^H – момент от нормативной составляющей ветровых нагрузок на кран;

M_{WQ}^H – момент от нормативной составляющей ветровых нагрузок на груз.

Расчётная схема для определения устойчивости приведена рисунке 1.12.

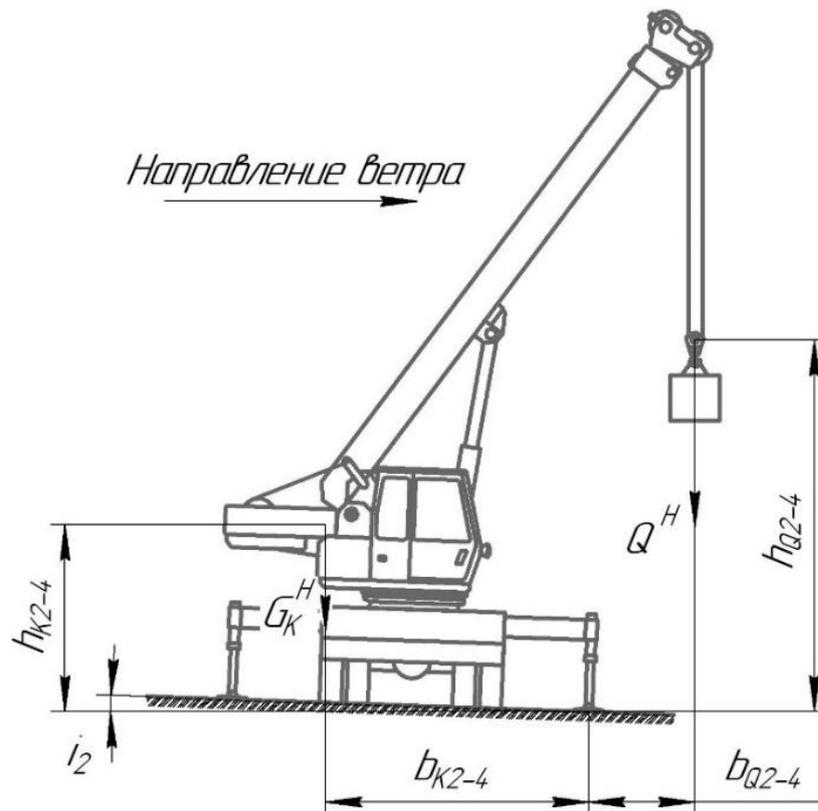


Рисунок 1.12 – Расчетная схема для определения устойчивости [21]

Автором Н.А. Шишковым [25] определены коэффициенты устойчивости стреловых самоходных кранов в рабочем и не рабочем состояниях (коэффициент собственной устойчивости должен быть не менее, чем 1,15, а грузовой не менее 1,4). Так же им отмечено [25], что несущая способность основания должна соответствовать максимальному опорному давлению крана при наибольшей нагрузке крана. Другим важным критерием им отмечен угол осадки крана из-за неравномерного распределения давления опор крана на грунт. Он отмечает, что на

слабонесущих и свеженасыпных грунтах для обеспечения устойчивости необходимо использовать подстилающие устройства (плиты, щиты). Однако, выводы, сделанные автором, не основаны на теоретических и экспериментальных исследованиях.

Нормативными документами [21], [26], используемыми в настоящее время для расчета нагруженности металлоконструкций кранов рекомендуется метод расчета по предельному состоянию с учетом наиболее неблагоприятных случаев нагружения и определения их устойчивости от опрокидывания в случае действия ветровых, инерционных и грузовых нагрузок, действующих в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Предлагаемые нормативами расчеты базируются на исследованиях авторов, указанных выше.

В ГОСТ Р 54769-2011 [27] для расчета устойчивости кроме указанных выше случаев вводится расчет на сейсмоустойчивость кранов, устойчивость кранов при внезапном снятии нагрузки с учетом опорного контура и зоны положения центра тяжести крановой системы. Из расчетов видно, что повышению устойчивости кранов будет способствовать увеличение площади опорной поверхности, что успешно решено в современном краностроении за счет применения аутригеров. Однако, бесконечно увеличивать опорную поверхность нецелесообразно из-за увеличения массы крана и его габаритов. Введение дополнительных промежуточных опор тоже не дает желаемого результата, так как они воспринимают на себя незначительную часть нагрузки.

Методика, предложенная авторами П.А. Сорокиным и А.В. Редькиным в работе [28 - 30] позволяет контролировать работу кранового оборудования в процессе работы при изменении положения центра тяжести за счет изменения показаний в датчиках давления, расположенных в гидроцилиндрах выносных опор. В принципе их исследования во многом опираются на нормативный документ [27]. Введенная поправка на изменение коэффициента устойчивости, равная 1,2 является на наш взгляд округлением величины коэффициента устойчивости, предлагаемой М.П. Александровым [18], равной 1,15.

В работе автора А.А. Зарецкого [31] установлено, что обрыв груза также является причиной потери устойчивости крана из-за перераспределения потенциальной энергии. Для предотвращения таких последствий автором предлагается центр тяжести крановой конструкции располагать ниже.

Автор С.А. Зырянова [32] рассматривает расчетную схему крана как плоскую систему, что на наш взгляд возможно только при расположении стрелы либо вдоль оси крана, либо под углом 90° по отношению к ней. При этом сомнительно равенство усилий под опорами справа и слева (рисунок 1.13).

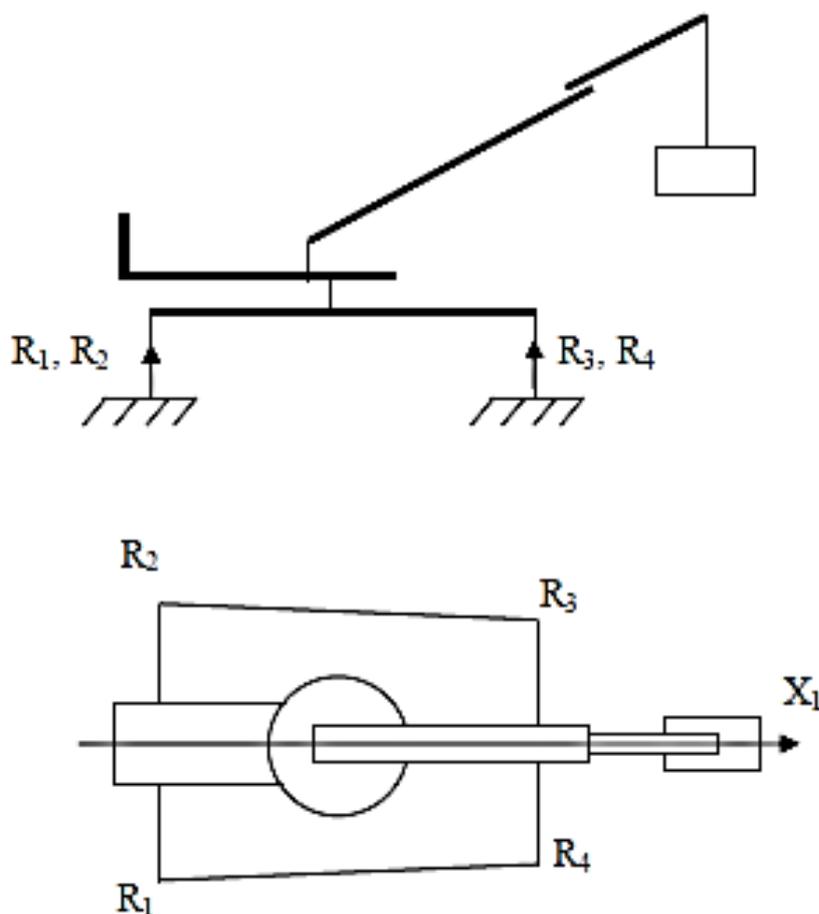


Рисунок 1.13 – Расчетная схема четырехопорного контура стрелового грузоподъемного крана [32]

В исследованиях авторов В.С. Щербакова, М.С. Корытова, Н.А. Камуза [33] предложен, так называемый, универсальный алгоритм проверки положения грузоподъемного крана в пространстве конфигураций по ограничению на устойчивость, который характеризуется высоким быстродействием малой

вычислительной сложностью. Хотя на наш взгляд предлагаемые математические выкладки требуют специальной математической подготовки.

Авторами А.В. Черновым, П.А. Сорокиным, А.В. Редькиным [34 - 36] предлагается осуществлять контроль устойчивости стреловых самоходных кранов во время рабочих операций путем мониторинга и активного управления динамическими нагрузками (с учетом сил инерции) в канатах подъема груза и величиной опрокидывающего момента.

В работе авторов В.С. Котельникова и А.А. Зарецкого [37] предложен метод определения калибровки частичных коэффициентов при расчетах кранов по предельным состояниям, учитывающий допустимые риски причинения вреда в соответствии с требованиями и статистические параметры нагрузок и материала. Выявленные противоречия норм расчета кранов с предложенной теорией оценки и калибровки частичных коэффициентов свидетельствуют о необходимости дальнейшего их совершенствования. Отмечено, что применение стандартов ISO [38 - 40] обеспечивает создание кранов с рисками в пределах допустимых.

Анализ способов оценки устойчивости крановых конструкций при работе на слабонесущих грунтах позволил отметить, что в настоящее время не в полной мере отражены исследования по вопросу обеспечения устойчивости грузоподъемного оборудования при работе на слабонесущих грунтах. Таким образом, на данный момент требуется уточнение методики расчёта устойчивости стреловых самоходных кранов при выполнении рабочих операций на слабонесущих грунтах, которая бы учитывала эксплуатационные показатели.

1.3 Анализ современных технических решений обеспечения устойчивости крановых конструкций

Следующим шагом анализа состояния вопроса является изучение современных технических решений, позволяющих обеспечивать устойчивость крановых конструкций при эксплуатации. Результаты анализа патентной литературы с глубиной поиска более 40 лет, проведенного в данном направлении,

приведены в Приложении А. Одной из задач патентного анализа, является разделение патентов по классификационным признакам, представленным в виде подразделов [41].

1.3.1 Патенты смежные

Техническое решение (патент RU 2 521 504 C2) увеличивает проходимость транспортного средства за счет использования замкнутой ленты с роликами, которые размещены с обеих сторон от колеса и вращаются вокруг своих осей, определяющих форму ленты в поперечном сечении [42].

В ходовой части крана с изменяемой колеёй (авторское свидетельство SU 237004 A1) балки крана связаны одним концом с цапфой колес, а другим со штоком гидроцилиндра, соединенного с рамой машины, что позволяет увеличить устойчивость крана [43]. Предлагаемые конструктивные решения требуют кардинального изменения ходового оборудования кранов, что сопряжено со значительными экономическими затратами.

1.3.2 Безопасность машины

Безопасная эксплуатация строительных машин, как правило, обеспечивается за счет применения контролирующих приборов. Например, в патенте RU 2 452 683 C2, при их групповой работе используются технические средства, представляющие собой устройства проводного или беспроводного обмена данными, датчики или устройство измерения параметров работы машины, расположенные в зоне работы машины [44].

Способ контроля безопасной эксплуатации подъемно-транспортных машин (патент RU 2 268 231 C1) с целью контроля устойчивости и исключения опрокидывания подъемно-транспортной машины заключается в контроле контакта подошвы на выносных опорах с опорной поверхностью. Здесь передаваемое усилие под подошвой выносной опоры регистрируют датчиком давления, обрабатывают в

динамическом режиме измерений на ЭВМ. Данные передаются на гидрораспределитель и осуществляют одновременно двумя гидроцилиндрами поджатие выносной опоры к опорной поверхности. Возникающие усилия регистрируются под всеми подошвами машины с опорной поверхностью, что позволяет горизонтировать раму машины относительно опорной поверхности [45].

Система безопасности грузоподъемного крана (патенты RU 56887 U1, RU 2 306 255 C1, RU 47341 U1) снабжена датчиками горизонтального положения платформы крана в зависимости от величины атмосферного давления рядом с элементами крана в зависимости от изменения его эксплуатационных характеристик. Блок обработки данных включает вычислительную машину и блок памяти, индикаторы и устройство сопряжения с мультиплексным каналом обмена данными [46 - 48].

Применяемые способы контроля имеют определенную инерционность и конструкции гидросистем систем срабатывают со значительным опозданием из-за свойств гидравлической жидкости.

1.3.3 Позиционирование опор

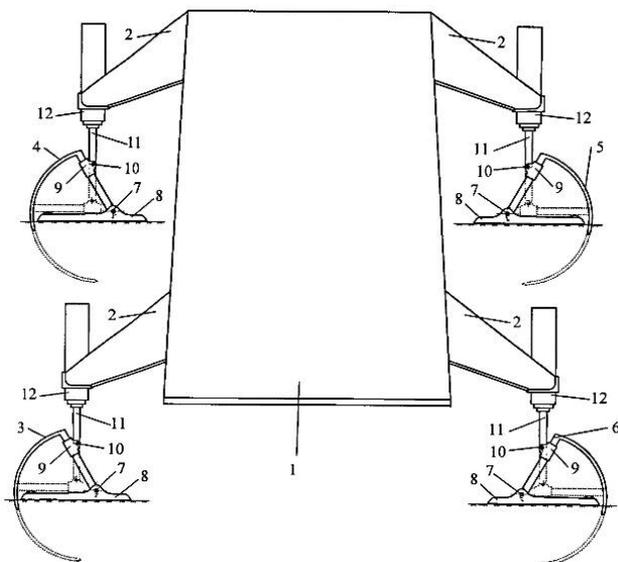
Для позиционирования выносных опор (патент RU 2 651 371 C2) [49] используются оптические средства для проецирования визуальных отметок в места ожидаемого рабочего положения одной опоры на грунте. При этом опоры выполнены с возможностью перемещения между транспортным и рабочим положениями. В автомобильных кранах (патент RU 2 162 436 C1) предлагается установка дополнительной опоры для возможного исключения консольного вывешивания передней части шасси крана, что обеспечивает продольную устойчивость [50]. Такое техническое решение ведет к увеличению общей массы конструкции.

Устройство заземления с винтовыми опорами для повышения устойчивости мобильной грузоподъемной машины (патент RU 94218 U1) содержит винтовые электроды, имеющие лопасти с диаметром значительно превышающим диаметр

стержня электрода. Ходовые винты приводятся во вращение с помощью индивидуальных гидромоторов [51]. С целью снижения мощности на завинчивание лопастного винта и повышение надежности, шток может быть выполнен с резьбой (патент RU 187891 U1) [52]. В патенте RU 93373 U1 электроды имеют вид изогнутых стержней с осями, расположенными по дуге окружности. Электроды соединены с прямолинейными стержнями, имеющими круглое сечение. Данное устройство позволяет удерживать машину от опрокидывания (см. рисунок 1.14) [53]. Предложенные мероприятия не позволяют обеспечить устойчивость, а направлены на снижение энергоемкости привода.

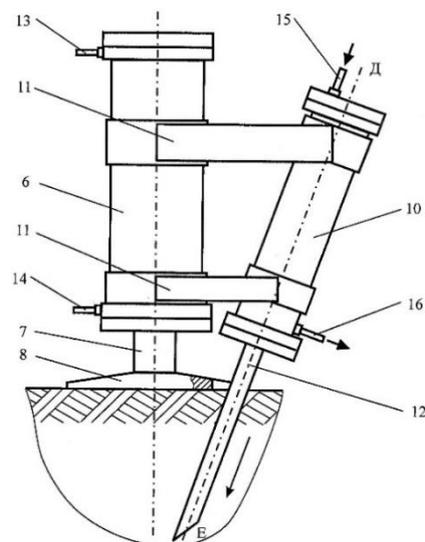
Устройство с аналогичным назначением предложено в патентах RU 165312 U1 (см. рисунок 1.15). Рабочий элемент анкерного устройства выносной опоры выполнен в виде плоского ножа с прямолинейной продольной осью и установлен наклонно по отношению к поверхности грунта. Он предназначен для восприятия действующих на машину опрокидывающих и сдвиговых эксплуатационных нагрузок. Нож перед установкой в рабочее положение прокалывает грунт с помощью приводного гидроцилиндра. В это время он остается заглубленным под площадкой контакта опорного устройства с поверхностью грунта [54]. Патент RU 186456 U1 отличается тем, что вдоль не менее чем по одной боковой поверхности рабочего элемента выполнена полка шириной более толщины рабочего элемента. Предлагаемым вариантом исполнения может быть сечение рабочего элемента анкерного устройства имеющее X-образную форму [55].

Устройство для защиты самоходного крана снабжено дополнительной опорой, расположенной внутри контура, образованного основными опорами, и закрепленной на подвижном элементе дополнительного гидроцилиндра, что позволяет повысить производительность крана при сохранении его устойчивости (авторское свидетельство SU 1 002 226 A1) [56].



1 – опорная платформа грузоподъемной машины; 2 – кронштейны поворотных, откидных или выдвижных гидравлических опор; 3, 4, 5, 6 – погружаемые электроды; 7 – шарнир; 8 – опора-башмак; 9 – ползун; 10 – шарнир; 11 – шток гидроцилиндра; 12 – опора грузоподъемной машины

Рисунок 1.14 – Устройство заземления и повышения устойчивости мобильной грузоподъемной машины с гидравлическими опорами [53]



6 – опорное устройство; 7 – несущая стойка; 8 – опорная плита; 10 – корпус анкерного устройства; 11 – удерживающие пластины; 12 – рабочий элемент; 13 – верхний штуцер; 14 – нижний штуцер; 15 – входной штуцер; 16 – выходной штуцер

Рисунок 1.15 – Выносная опора подъёмно-транспортной машины [54]

Башмак выносной опоры (авторское свидетельство SU 308164 A1) одноковшового экскаватора, крана и т.п. с целью повышения устойчивости в рабочем положении одним концом шарнирно соединен со стойкой, имеющей упоры для ограничения поворота башмака, а другим – со штоком силового цилиндра [57].

Ходовая рама транспортного средства (патент RU 2 284 940 C1) имеет продольную балку, на которой расположен несущий базовый узел, и поперечные балки для выносных опор, установленные наклонно к поперечной оси рамы. При полном выдвижении выносных опор опорный контур имеет прямоугольную форму за счёт выбранного угла наклона. Результатом технического предложения является выравнивание распределения нагрузок в базовом узле, что достигается за счёт равномерного распределения деформаций относительно продольной оси рамы [58].

Предлагаемые технические решения требуют дополнительных временных затрат на установку кранового оборудования, что отрицательно сказывается на экономических показателях их работы.

1.3.4 Горизонтирование платформы

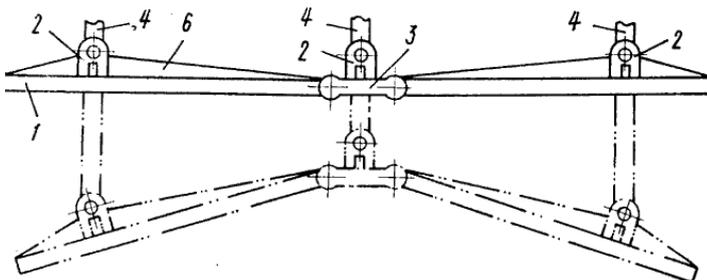
Техническим результатом изобретений (патенты RU 2 342 311 C1 и RU 2 565 854 C1) является авторизованное производство выравнивания грузоподъемной машины в горизонтальной плоскости с сопутствующим сокращением времени установки крана и повышением точности выравнивания. Автоматическое выравнивание в горизонтальной плоскости достигается путем установки датчиков выравнивания опорной платформы на гидравлические цилиндры опор [59], [60]. Установка креново-тангажных датчиков (патент RU 2 340 543 C1) позволяет повысить точность выравнивания [61]. Для выравнивания нагрузок в подошвах поджатия на выносных опорах патентом RU 2 306 254 C1 предлагается закольцевать систему гидроприводов посредством дополнительных трубопроводов [62].

Патентом RU 2 367 762 C1 креново-тангажная установка позволяет установку большого количества домкратов, снабженных датчиками усилий, работающих заодно с аутригерами, предотвращающих опасные перекосы платформы. Такое решение сопряжено с низкой культурой организации производства [63].

В техническом решении (патенты RU 2 349 536 C1, RU 2 267 458 C1) используется математическая модель грузоподъемного крана, внесенная в память бортового микропроцессора, с изменяемыми параметрами устойчивости, что достигается включением датчиков давления в гидролинию выносных опор. Благодаря использованию данного устройства повышается безопасность и производительность грузоподъемных работ [64], [65]. Недостатком предлагаемых решений является зависимость точности и скорости срабатывания устройства от вязкости рабочей жидкости в опоре.

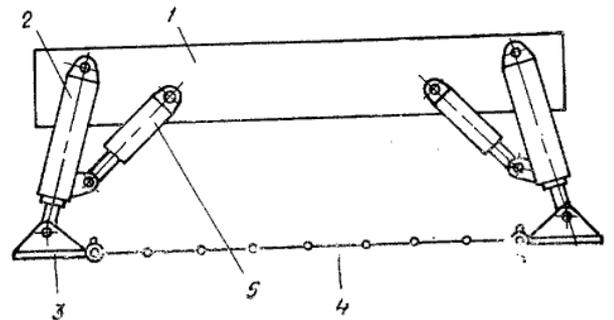
Для предварительного горизонтирования кранов перед применением на грунтовых площадках с существенным углом наклона (авторское свидетельство SU 1 735 201 A1) предлагается стакан опорной плиты аутригера оснащать конической втулкой, создающей возможность поперечного перемещения подпятника шаровой пяты, что предотвращает возникновение изгибающего момента в штоке аутригера [66]. Предлагаемое решение не отвечает требованиям выравнивания опорной поверхности транспортного средства.

Опоры для оснований с низкой несущей способностью (авторские свидетельства SU 1 342 870 A1 и SU 391242 A1) представляющие собой в первом случае опорную плиту или подкладку в форме выпуклой сферы (см. рисунок 1.16) [67], а во втором – опора снабжена дополнительным силовым цилиндром, вертикально установленным на раме машины, шток которого шарнирно связан с балкой, соединяющей звенья плиты (см. рисунок 1.17) [68].



1 – звено; 2 – шарнир крепления;
3 – балка; 4 – шток силового цилиндра;
6 – ребро жёсткости

Рисунок 1.16 – Опора грузоподъемной машины [67]



1 – рама; 2 – опорный цилиндр;
3 – плита; 4 – гусеничная цепь;
5 – силовые цилиндры

Рисунок 1.17 – Выносная опора строительных машин [68]

Устройство автоматического выравнивания в горизонтальной плоскости опорной платформы подъемных механизмов (патенты RU 2 307 784 C1, RU 2 556 136 C1, RU 2 342 310 C1, RU 2 483 018 C1) содержит электронный блок, датчики контакта штоков гидравлических цилиндров с опорной поверхностью, датчики уровня горизонтального положения, расположенные по углам опорной платформы. Датчик выравнивания опорной платформы в горизонтальное положение для увеличения точности регулирования содержит корпус в форме конуса, внутри

которого расположены фотоэлементы, источник света, область по центру основания конуса для фиксации горизонтального положения и может быть установлен на опорной платформе посредством демпфирующего устройства, например, в центре [69 - 72].

Способ пространственной ориентации-установки несущей грузовой платформы (патент RU 2 496 710 C2) предназначен для первичной установки крана при его эксплуатации с использованием дополнительных домкратов [73].

Устройство для удержания в горизонтальном положении платформы (авторское свидетельство SU 189538 A1), у которого, с целью повышения точности срабатывания устройства, датчик угла наклона выполнен в виде фотоэлектрических элементов, состоящих из ампул-уровней, соответственно расположенных между источниками света и фотодиодами, соединенными с усилителями реле включения золотников и обеспечивающими при изменении освещенности за счет смещения пузырьков уровней в результате наклона платформы включение соответствующих выносных опор [74].

1.3.5 Изменение конструкции аутригеров с целью повышения надежности

Изобретение (патент RU 2 271 988 C1) относится к опорным конструкциям, обеспечивающим устойчивость от опрокидывания. Эффект достигается за счет усовершенствования механизма складывания введением серьги, обеспечивающей устойчивое положение опоры [75]. На выносном аутригере (патент RU 2 124 993 C1) для обеспечения надежности предлагается введение дополнительных элементов (жесткое крепление на боковой стенке консольной части выдвигной балки механического толкателя с профилированным кулачком) [76].

Изменение конструкции опорного узла (патент RU 2 059 566 C1) [77], который смонтирован в крепежных скобах позволяет увеличить надежность конструкции.

Аутригеры большегрузного транспортного средства (авторское свидетельство SU 1 794 880 A1) с целью снижения износа выполнены в виде полого

тора, выполненного из упругого материала, заполненного магнитным порошком и установленного на штоке с натягом. Корпус выполнен с пазами для размещения торцов, а сам аутригер снабжен дополнительными электрообмотками, размещенными на наружной поверхности каждого тора [78]. Принятое решение позволяет увеличить надежность и долговечность конструкции.

С целью повышения надежности, аутригер снабжен диском (авторское свидетельство SU 1 752 716 A2), соосно закрепленным на штыре. На диске закреплен хотя бы один стержень в форме цилиндрической спирали, который охватывает с зазором коническую часть штыря [79].

Предлагаемые решения не обеспечивают снижения риска проседания опор в грунт, а предназначены для повышения надежности.

Выносная опора грузоподъемной машины (авторское свидетельство SU 606804 A1), содержащая винтовой якорь, с целью повышения надежности эксплуатации снабжена цилиндром, закрепленным на траверсе и охватывающим винтовой якорь [80].

В патенте RU 61699 U1 винтовой якорь с гидравлическим приводом вращения установлен в цилиндрический корпус. В цилиндрическом корпусе, установленном на опорной плите, жестко установлен гидроцилиндр который может перемещать привод с якорем. Такое решение позволяет при начальной установке машины на выносные опоры не использовать винтовой якорь при отсутствии больших опрокидывающих моментов, что не ограничивает возможность применения выносной опоры [81]. Винтовой якорь в техническом решении SU 633793 A1 заключен в цилиндр, который закреплен на траверсе [82].

В патенте RU 2 361 806 C1 выносная опора снабжена второй направляющей с цилиндрическими осевыми полостями. Данное решение позволяет повысить производительность и надежность при производстве работ [83].

Опорное устройство для самоходной грузоподъемной машины (авторское свидетельство SU 1 744 049 A2), снабженное двуплечими рычагами, которые установлены на концевых частях поперечного опорного бруса и имеют возможностью взаимодействия одними плечами с толкателями и ограничителями

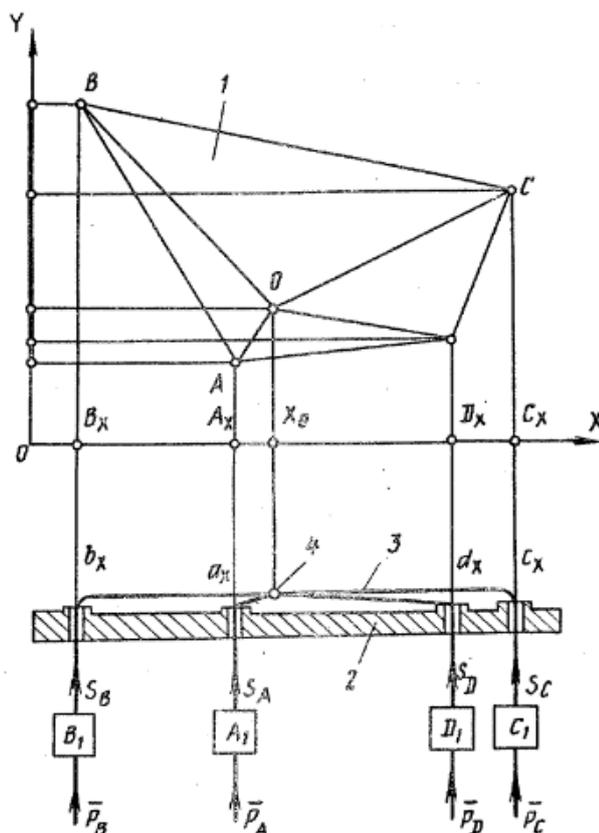
и шарнирно связанными другими плечами с другими концами соответствующих тяг, шаровые головки штоков домкратов установлены в выполненных в концевых частях поперечного опорного бруса гнездах, при этом толкатели жестко связаны с концевыми частями поперечного опорного бруса, которые шарнирно связаны с его средней частью, а на торцах концевых частей выполнены упоры для взаимодействия в рабочем положении с другими концами тяг [84]. Целью данного технического решения является повышение надежности.

Выносная опора грузоподъемной машины (RU 188455 U1), содержащая корпус, закрепленный на раме машины, полый шток с наружной резьбой, шаг которой равен шагу лопастного винта, и лопастной винт. С целью снижения мощности на завинчивание лопастного винта и повышения надежности, полый шток выполнен с вертикальной проточкой внутри штока, позволяющей вертикально перемещаться штоку, в которую входит шпонка, жестко закрепленная на оси, соединенной с гидромотором с помощью муфты, при этом шток проходит через резьбовую втулку, жестко закрепленную в корпусе, создавая винтовую пару «винт-гайка» [85].

1.3.6 Контроль устойчивости

Устройство контроля устойчивости стрелового подъемного крана (авторское свидетельство SU 492469 A1), содержит опорные датчики, регулируемые приводные элементы, установленные в точках опорного контура. Датчики регистрируют значения реакций в опорах крана и передают продольное усилие тягам. Координата точки приложения равнодействующей реакций в опорах крана (рисунок 1.18), определяется с помощью проекции опорного контура на одну из выбранных координатных осей [86].

Контроль устойчивого положения крана во время работы (патент RU 2 267 458 C1) производится за счет периодического определения положения проекции центра масс на плоскость опорного контура относительно ребра опрокидывания в пределах опорного контура системы [65].



*1 – натуральный опорный контур крана; 2 – жесткая планка; 3 – тяга;
4 – свободно перемещающийся узел*

Рисунок 1.18 – Устройство контроля устойчивости стрелового подъемного крана [86]

Техническое решение (патенты RU 2 245 293 C2, RU 2 245 294 C2) состоит в том, что автоматизированная защита крана осуществляется по фактической величине опрокидывающего момента, сравниваемой с допустимым значением. Фактический опрокидывающий момент определяется умножением сигнала усилия в штоке толкателя стрелы на сигнал, который отображает угловую функцию изменения плеча момента этого усилия относительно коренного шарнира стрелы. Далее суммируют с сигналом, характеризующий момент усилия в канате грузового барабана от массы груза, и вычитают сигнал, характеризующий вычисленный или заданный программно постоянный момент масс стрелы. Массу груза определяют по сигналу датчика [87], [88].

Предлагаемые способы требуют специальной подготовки оператора стрелового крана.

Способ контроля параметров устойчивости при работе погрузочного крана (патент RU 2 597 043 C2) заключается в регистрации величины одновременного

проседания опор и колес, которую сравнивают с предельным значением по звуковому сигналу крана [89].

Система защиты грузоподъемного крана (патент RU 2 335 451 C1) состоит из информационно-управляющего блока, с возможностью выявления параметра, превышение допустимого значения которого наиболее вероятно в текущий момент времени, и датчика нагрузки и/или пространственного положения его элементов [90].

Способ управления грузоподъемной машиной (патент RU 2 325 317 C1) состоит в том, что в памяти процессора с помощью программных средств до определения положения оборудования крана запоминают координаты препятствий на стройплощадке [91].

Управление устойчивостью мобильного грузоподъемного крана в патенте RU 2 349 536 C1 обеспечивается с помощью скорости и знака изменения давления в гидроцилиндрах выносных опор. Сигнал управления параметрами, влияющими на устойчивость формируется в зависимости от совпадения или не совпадения при сравнении контрольных комбинации скоростей изменения давления с эталонными [64].

Система защиты грузоподъемного крана (патент RU 2 316 467 C1) содержит исполнительный и вычислительный блоки, которые позволяют контролировать работу машины [92].

Устройство для устранения перекоса опор крана (авторское свидетельство SU 922041 A1) с целью повышения точности устранения перекоса при ускорении опор, снабжено сумматорами [93].

Способ управления устойчивостью мобильных грузоподъемных средств (заявка RU 2002 104 443 A), заключающийся в проектировании центра масс грузоподъемного средства на координатную плоскость с центром в точке пересечения оси вращения поворотной части грузоподъемного средства с плоскостью опирания. Для этого формируется область гарантированной устойчивости грузоподъемного средства, определяется направление смещения проекции центра масс, измеряя опорные давления выносных опор, генерируется

сигнал опасного снижения запаса устойчивости в случае выхода центра масс грузоподъемного средства за пределы области гарантированной устойчивости, формируется стабилизирующее воздействие. В случае неконтролируемой просадки одной из выносных опор, рабочая жидкость сливается из гидроцилиндров других выносных опор до совмещения центра масс грузоподъемного средства с областью гарантированной устойчивости [94].

1.3.7 Повышение удобства эксплуатации и монтажа

В работе выносной опоры (авторское свидетельство SU 1 207 997 A1) предусмотрено снабжение упора насадкой, расположенной между ходовой рамой и опорой, которая позволяет устанавливать подпятник непосредственно на грунт или на подкладки. При установке на плотный грунт используется удлиненная насадка, при рыхлом опорном основании используется с короткой насадкой и с подкладкой под подпятник. Учитывая, что упор устройства составной, то кран может работать на грунтах разной плотности [95].

Выносная опора грузоподъемной машины (авторское свидетельство SU 1 425 169 A1), у которой балки для перевода опоры в рабочее положение установлены с возможностью продольного перемещения в обе стороны относительно её поперечной оси. [96]. Целью изобретения является повышение удобства эксплуатации.

Выносной аутригер (патент RU 2 175 947 C1), у которого на боковой стенке консольной части выдвижной балки в зоне расположения фиксатора жестко закреплен механический толкатель с профилированным кулачком, кинематически взаимодействующим при перемещении выдвижной балки с рукоятью поворотного рычага фиксатора при выведенном из зацепления с указанной балкой ригеле [97]. Изобретение обеспечивают повышение удобства в эксплуатации.

Выносная опора грузоподъемной машины (патент RU 2 150 424 C1), у которой средство возврата опорной плиты выполнено в виде цилиндрической пружины сжатия, установленной одним концом в ступенчатом, коническо-

цилиндрическом отверстии в шаровой пяте выдвигаемого элемента, а другим – в отверстии, выполненном в сферическом углублении опорной плиты. Достижимым техническим результатом является обеспечение гарантированного возврата и удержания опорной плиты в положении, перпендикулярном оси выдвигаемого элемента (винта, штока), после снятия нагрузки с опор [98].

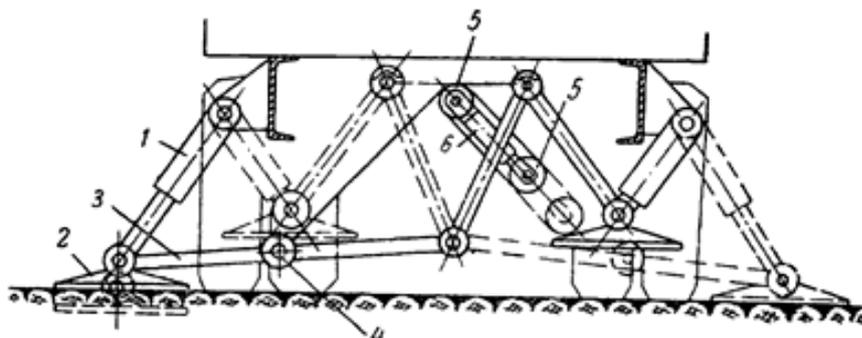
Выносная опора грузоподъемной машины (авторское свидетельство SU 1 418 284 A1), которая снабжена дополнительным чашеобразным подпятником для захода сферической головки штока гидроцилиндра и подпружиненной относительно дополнительного чашеобразного подпятника вертикальной стойкой со сферической головкой на нижнем конце, заведенной в чашеобразный подпятник опорной плиты, при этом упомянутая стойка установлена с возможностью фиксации относительно сферической головки штока гидроцилиндра и снабжена подкосами, шарнирно закрепленными одними концами в верхней части упомянутой стойки, а другими – к опорной плите [99]. Целью данного технического решения является повышение удобства эксплуатации.

1.3.8 Устройство для повышения устойчивости самоходной грузоподъемной машины

Устройство для повышения устойчивости самоходной грузоподъемной машины (авторское свидетельство SU 1 194 825 A1) предложено для повышения компактности. Для этого опорный башмак выполнен телескопическим из звеньев коробчатого сечения, при этом продольные оси домкратов образуют с опорной поверхностью звеньев башмака острый угол [100].

Откидная опора для стрелового крана (авторское свидетельство SU 193701 A1) для обеспечения компактности в транспортном положении в своей нижней части имеет шарнирный двухзвенный рычаг, свободный конец которого шарнирно соединен со средней частью платформы. Шарнирный узел звеньев рычага связан посредством трособлочной системы с силовым цилиндром двустороннего

действия, расположенным под платформой и связанным аналогичным образом с другой откидной опорой крана (см. рисунок 1.19) [101].



1 – шток силового цилиндра; 2 – опорная плита; 3 – шарнирный двухзвенный рычаг;
4 – шарнирный узел; 5 – обратный полиспаст; 6 – силовой цилиндр

Рисунок 1.19 – Откидная опора для стрелового крана [101]

Выносная опора (авторское свидетельство SU 1 677 014 A1) снабжена фиксатором, выполненным в виде талрепа, один конец которого шарнирно закреплен на откидной балке, а другой – на опорном башмаке [102]. Целью такого технического решения является повышение устойчивости крана.

1.3.9 Повышение несущей способности опоры

Повышение несущей способности опоры в авторском свидетельстве SU 1 477 665 A1 предлагается осуществить за счет усовершенствования опоры. С этой целью опора для слабонесущих грунтов выполнена в виде полой плиты, содержащей концентрически расположенные и скрепленные между собой усеченные пирамиды, между сторонами которых образованы зазоры [103].

Устройство опоры домкрата подъемника на грунтовом и торфяном основании (патент RU 2 378 481 C1), контактная поверхность опорной плиты или подкладки которого выполнена в виде выпуклой сферы [104].

Выносная опора (авторское свидетельство SU 745856 A1) снабжена фиксирующими элементами, а опорный башмак – шарнирно соединенной с ним откидной опорной плоскостью, на ней и башмаке смонтированы упоры, взаимодействующие с фиксирующими элементами [105]. Целью изобретения

является повышение производительности крана, путем увеличения опорной площади.

Аутригер подъемно-транспортного средства (авторское свидетельство SU 1 321 667 A1), опорный узел которого выполнен в виде раздвижного двуплечего рычага, на одном из плеч которого смонтированы две шаровые опоры на равных расстояниях от продольной оси рычага напротив друг друга, на другом – третья шаровая опора, при этом выдвигной элемент рычага выполнен с фиксаторами его положений [106]. Целью технического решения является повышение устойчивости подъемно-транспортного средства.

Выносная опора подъемно-транспортного средства (авторское свидетельство SU 1 640 098 A1) снабжена дополнительным опорным домкратом, смонтированным на упругом конце выдвигной балки [107]. Результатом изобретения является уменьшение транспортного габарита и повышение устойчивости подъемно-транспортного средства.

1.3.10 Изменение системы гидропривода

Автоматизированный комплекс управления устойчивостью кранов (заявка RU 2002 104 444 A) выполнен в виде параллельных линий питания гидроцилиндров трубопроводов, подключенных к управляемому процессором распределителю через систему контроллеров. Контроль устойчивого положения крана во время работы осуществляется с помощью периодического определения нахождения проекции центра масс системы "кран-груз" в пределах опорного контура системы. При этом устойчивая работа крана обеспечивается определением направления и скорости (градиента) смещения проекции центра масс за пределы области гарантированной устойчивости (ядра опирания), генерирования сигнала опасного снижения запаса устойчивости и формирования направленного воздействия, стабилизирующего характер [108].

Система контроля грузовой устойчивости (патент RU 2 267 458 C1) грузоподъемных машин выполнена в виде параллельных линий питания

гидроцилиндров трубопроводов, подключенных к управляемому процессором распределителю через систему контроллеров. Система состоит из бортового микропроцессора, снабженного релейным модулем, в память которого введена математическая модель грузоподъемной машины с возможностью ее изменения в зависимости от типа. Параллельно основному подключен дополнительный гидрораспределитель, связанный через систему контроллеров с релейным модулем бортового микропроцессора и предназначенный для перераспределения объема жидкости из поршневых областей гидроцилиндров при угрозе опрокидывания грузоподъемной машины. Микропроцессор периодически определяет положения проекции центра масс на плоскость опорного контура относительно ребра опрокидывания машины в пределах опорного контура системы, выявляя направления смещения проекции центра масс за пределы области гарантированной устойчивости [65].

Проведенный анализ патентов позволил выявить основные тенденции по принятию технических решений в области обеспечения устойчивости самоходных кранов. Обобщение результатов патентного поиска представлено в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Анализ результатов патентного поиска

Тенденция	Действия	Средства и способы достижения
Обеспечение безопасности и повышение надежности:	-обеспечение устойчивости от опрокидывания	-датчики измерения параметров работы машины; -следающие системы за работой гидролиний; -контроль грузовой устойчивости и т.п.; -горизонтирование платформы.
	-контроль устойчивости	-втягивание (выдвижение) выносных опор, их позиционирование; -изменение формы опор, введение дополнительных опор; -повышение несущей способности опор.
	-обеспечение и контроль устойчивости от опрокидывания	-изменение конструкции аутригеров, ведущие к существенному усложнению конструкции и трудность эксплуатации.
Повышение удобства эксплуатации и монтажа	-изменение конструкции опор	-усложнение конструкции за счет введения дополнительных элементов: толкателей, фиксаторов, подпятников и т.п.

Это направление должно быть связано с обеспечением безопасной эксплуатации машин. Выявлены два основных пути решения этой задачи:

1. Использование при работе машины систем контроля от опрокидывания;
2. Внесение изменений в конструкции аутригеров или гидравлической системы, обеспечивающей их работу.

Основные пути решения этой задачи, достигаются использованием технических средств, контролирующих втягивание (выдвижение) выносных опор за счет изменения давления в гидросистеме, позволяющих выравнивать давление в опорах крана. Многие технические решения связаны с конструктивным изменением самих опор. Для этих целей предлагается использовать дополнительную пятую опору, изменять форму опор или использовать устройства заглубления: анкерные, винтовые, дугообразные, наклонные и т.п. [41].

Технические решения, связанные с повышением надежности, на наш взгляд, своим прямым назначением имеют обеспечение безопасности машины, так как они направлены на обеспечение устойчивости машины от опрокидывания. Авторами предлагается достижение поставленной задачи ранее перечисленными способами, а именно: за счет изменения конструкции аутригеров и (или) введения контролирующих датчиков. Все это ведет к значительному усложнению конструкции машины. Например, горизонтирование платформы, предлагается осуществлять использованием датчиков различных типов для контроля выравнивания нагрузок на подошвах опор, в штоках гидроцилиндров и т.д. [41].

Внедрение контролирующих устройств связано с дополнительной эксплуатационной «нагрузкой», связанной с привлечением дополнительных специалистов для обеспечения бесперебойной работы следящих электронных систем.

Кроме того, в процессе анализа современных технических решений установлено, что к основным приборам и устройствам безопасности, устанавливаемым на грузоподъемных кранах, относятся:

- ограничители грузоподъемности (грузового момента) и вылета стрелы. Процесс отключения ограничителя грузоподъемности и вылета стрелы срабатывает при подъеме груза, когда его максимально допустимая масса больше нормативной грузоподъемности крана при установленном вылете [109];

- ограничители подъема крюка служит для автоматического отключения механизма подъема крюка при подходе его к верхнему крайнему положению [109];
- ограничители поворота вращающейся части крана служит для ограничения вращения поворотной части крана в одну сторону более двух раз [109];
- анемометр – указатель скорости ветра, который при достижении ветром опасной величины, автоматически включает звуковой сигнал [109].

Для обеспечения устойчивости кранов от опрокидывания в нормальных условиях эксплуатации используются противовесы и аутригеры [109].

Не менее опасным при работе кранов, особенно самоходных, является состояние грунтового основания (монтажной площадки) на которой располагается кран. Анализ причин аварий самоходных кранов показал, что наибольшее их число возникает в результате потери устойчивости на слабонесущих грунтах. При установке крана величина максимального давления на основание не должна превышать 0,3...0,9 МПа [110] в зависимости от типа и грузоподъемности крана.

1.4 Классификационные признаки обеспечения устойчивости самоходных кранов

Из сказанного выше следует, что к классификационным признакам для самоходных кранов необходимо добавить еще один – показатель устойчивости работы на слабонесущих грунтах.

В настоящее время известны несколько способов обеспечения работы крана на слабонесущих грунтах. Первый способ основан на запрете работы на грунтах, не отвечающих требованиям, указанным выше. Другими словами, несущую способность грунта определяют до начала работы крана. Суть этого метода состоит в определении состоянии грунта по показаниям динамического плотномера конструкции ДорНИИ [109]. Несущую способность грунта в местах установки или передвижения крана определяют по числу ударов, необходимых для вхождения наконечника ударника в грунт на каждые 10 см. При этом при определении несущей способности грунта надо среднее число ударов динамического

плотномера умножить на 0,12. Грунты, выдерживающие 10 ударов динамического плотномера конструкции ДорНИИ, пригодны для установки любого крана, который может работать при максимальной нагрузке [110]. Этот метод достаточно прост в применении, но отличается невысокой точностью и низкой культурой производства.

Второй способ – это создание несущего слоя грунта за счет его уплотнения или использования различных подстилающих устройств. Создание уплотненного слоя требует привлечения дополнительного механизированного инструмента (катка, трамбовки и т.п.), что связано с затратами на этот вид оборудования и значительными временными затратами. Получение уплотненного слоя можно достичь путем неоднократного перемещения крана по монтажной площадке. В дальнейшем уплотненный грунт проверяется на несущую способность динамическим плотномером [109].

В качестве подстилающих устройств используют щиты, плиты, которые рассчитаны на проезд по ним крана с максимальной нагрузкой [110]. При перемещении крана на новое место, плиты переносят вслед за краном по пути его следования, что снижает производительность труда. Кроме того, при работе на переувлажненных грунтах под плиты (щиты) подсыпают песок, золу или щебень. Плиты подкладывают автономно под каждую опору и регулируют горизонтальность платформы крана путем подкладывания дополнительных плит. При этом необходимо тщательно контролировать углы наклона площадки и осадки крана. (Предельно допустимое значение не должно превышать $1 \dots 2^\circ$.) При использовании пакета из щитов необходимо, чтобы все щиты были скреплены между собой [109].

Третий способ основан на контроле горизонтирования площадки при помощи датчиков уровня [59], [60], [69 - 72].

Четвертый способ является предотвращающим и основан на использовании различных приспособлений, предотвращающих осадку выносных опор крана или его ходового оборудования в грунт [109]. Такими устройствами являются: анкеровка выносных опор мобильных транспортно-технологических машин,

оснащенных стреловыми манипуляционными системами [53 - 55]; грунтовые якоря, установленные на аутригеры [51], [52], [79 - 82], [85]. Устройства данного вида требуют дополнительного привода на аутригере для погружения и извлечения якорей или анкеров из грунта. Кроме этого такие устройства не всегда применимы в определенных условиях эксплуатации ввиду ограничений различного характера и влекут нарушение грунтового покрова, что противоречит экологическим требованиям [109].

Известны различные системы горизонтирования опорной платформы стреловых самоходных кранов. Наиболее распространена система – это система, содержащая выносные силовые гидроцилиндры (аутригеры), расположенные, как правило, по углам периметра опорной платформы [109]. За счет выдвиганием гидравлических опор (как правило, вручную) в соответствии с показаниями креномера достигается горизонтальное положение платформы [61], [63], [73]. Основным недостатком устройств данного типа является невозможность автоматически производить выравнивание в горизонтальной плоскости опорной платформы и значительное время, затрачиваемое на приведение крана в рабочее положение [109].

1.5 Анализ теоретических и экспериментальных исследований обеспечения устойчивости крановых конструкций на слабонесущих грунтах

Обеспечение безопасности самоходных кранов от опрокидывания является одной из важных задач при их эксплуатации, что особенно характерно для средней полосы России, имеющей высокую плотность населения, территорию которой, в основном, занимают грунты с неустойчивой структурой. Как было показано выше в разделе 1.1, случаи опрокидывания кранов в средней полосе России происходят достаточно часто. Для оценки адекватности принятия решения по выбору направления по обеспечению устойчивой работы кранов, проведен анализ методик проведения экспериментальных исследований в этом направлении [111].

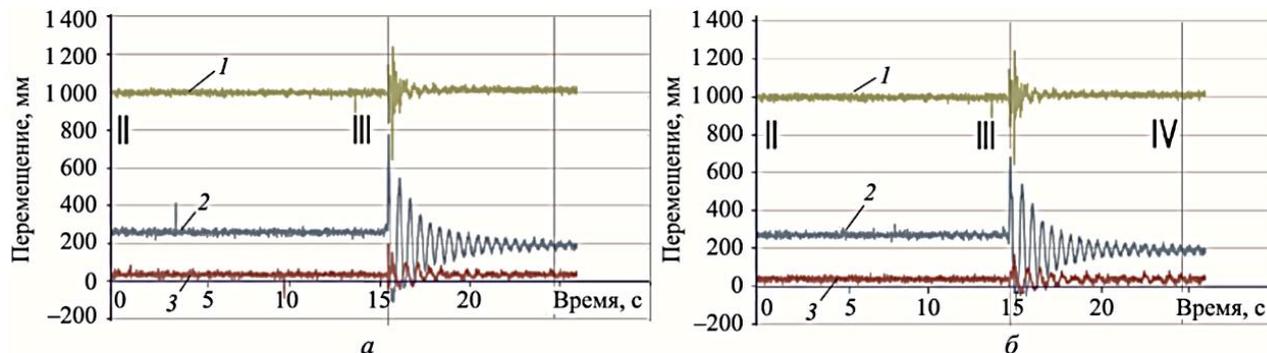
Методика проведения исследований, предложенная автором [112], [113] позволила сделать вывод о том, что построенная модель стрелового самоходного гидравлического крана, выполненная в системе автоматизированного моделирования, является адекватной реальному грузоподъемному крану с допустимым уровнем погрешности. Оценка проводилась по параметрам переходных процессов, полученных при управляющих воздействиях на гидропривод подъема стрелы. Для получения экспериментальных временных зависимостей использовались измерительная и регистрирующая аппаратура: осциллограф Н117, усилитель ГА-5, датчики 1-го класса точности моделей ДУМ-90, ПС-3. Для измерения хода штока гидроцилиндра подъема стрелы использовались вращающиеся потенциометрические датчики.

В работе [114] автор рассмотрел способ повышения грузовой устойчивости крана в зоне больших и средних вылетов стрелы в зависимости от угла установки крана в горизонтальной плоскости. Было установлено, что при приближении стрелы к опоре, увеличивается допустимая перегрузка крана по сравнению с его паспортными грузовыми характеристиками и может превосходить усилие на опору по условиям ее прочности. На рисунке 1.21 приведено семейство диаграмм грузовых характеристик, соответствующих заданным значениям длины стрелы, угла ее наклона φ , например, $\varphi - 25^\circ, 50^\circ, 75^\circ$ (трем вылетам стрелы).

Авторы [115] исследовали вопросы прогнозирования просадки грунта под опорами стрелового самоходного крана на примере построения модели грунта с помощью программного комплекса GEO5. Построение модели проводилось методом «от противного», т.е. когда исследовалось не само изменение грунтов от действия нагрузки, а задавалось состояние грунта (его плотность) под разными опорами. Далее авторы оценивали перемещения определенного груза по определенной траектории. Выявлено, что предлагаемая методика проведения эксперимента позволяет судить о возможном развитии ситуации при работе крана с грузом на различных грунтах, но не позволяет предотвратить опрокидывание крана.

В работе авторов [116] было проведено математического моделирование в программе PascalABC.NET для оценки нагрузок на опоры крана при эксплуатации на различных типах грунтов. В результате исследований было установлено, что при увеличении удельного сопротивления грунта смятию уменьшаются нагрузки на соответствующие опоры крана, то есть наблюдается обратная зависимость, что требует дополнительного подтверждения.

В работе [117] авторы свои экспериментальные исследования проводили численным моделированием предельных состояний стреловых самоходных кранов на основе вейвлет-анализа колебательных процессов элементов конструкции в условиях ненормированного нагружения. При проведении численного анализа использовалась теория подобия физических процессов, возникающих колебаний при обрыве каната. Весь эксперимент проводился на виртуальной модели. На приведенном рисунке 1.20 видно, что виртуальная модель позволила получить результаты отклонения стрелы, лежащие в пределах 0,8 м, что никак не может соответствовать условию жесткости конструкции.



II — положение под нагрузкой; III — положение в результате запрокидывания при обрыве каната; IV — установившееся положение после затухания колебаний (соответствует начальному положению)

Рисунок 1.20 – Линейные перемещения оголовка стрелы виртуальной (а) и физической (б) моделей по осям X (1), Z (2) и Y (3) [117]

В работе [118] автор произвел серию вычислений по разработанной модели для оценки влияния различных конфигураций опорной системы крана на динамическое поведение автокрана при перемещении груза. Построенные модели и проведенные расчеты могут быть использованы в экспериментальных

исследованиях по измерению частот колебаний и модальному анализу реальных систем автомобильных кранов.

Авторы [119] рассматривали модель крана как четырехопорную конструкцию, накладывая ограничения на одну из опор, утверждая, что «обнуление» результатов усилий под четвертой опорой создаст возможность появления детерминированной ошибки при оценке результатов под другими опорами. Полученные авторами результаты по своим выводам отличаются от выводов, сделанных в работе [114] с диаметрально противоположным результатом. Сказанное свидетельствует о том, что необходимо разработать и методику проведения экспериментальных исследований, позволяющей оценить противоречие в указанных работах. Требуется уточнение расхождений в углах установки крана (см. рисунки 1.21-1.22), которые отличаются у авторов [114] и [119] на величину, лежащую в пределах 10...15°.

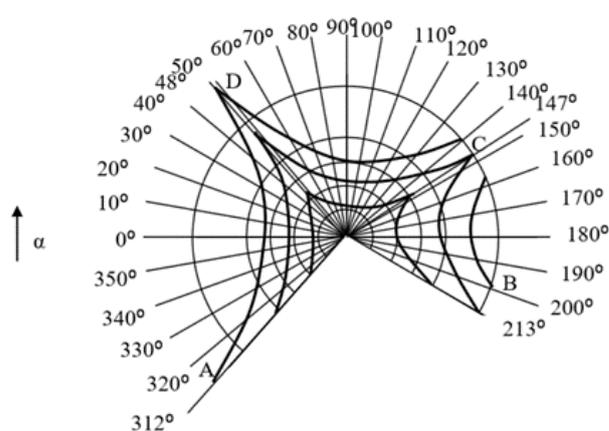


Рисунок 1.21 – Семейство диаграмм грузовых характеристик [114]

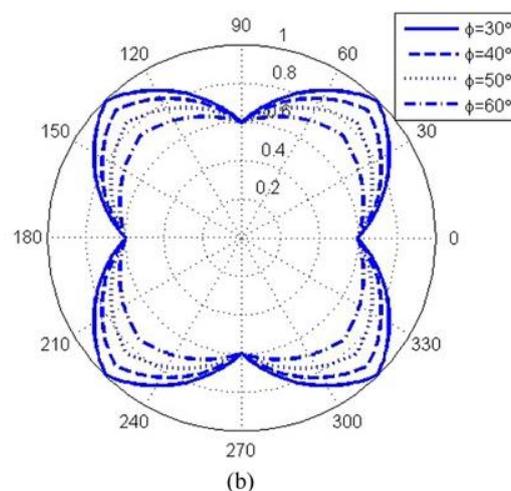


Рисунок 1.22 – Показатели усилий при различных углах наклона стрелы для мобильного крана, оснащенного четырьмя выносными опорами [119]

В работах [120], [121] рассмотрена устойчивость кранов при циклическом выполнении работ на грунтах обычной категории, имеющих плотность, соответствующую нормативным показателям. При этом в работе [121] авторы рассматривали рабочее оборудование крана как уравновешенной системы с двумя степенями свободы. Уравновешивание (отношение опрокидывающего момента к

удерживающему) оценивалось в зависимости от траектории движения перемещаемого груза как функция минимизации этого отношения, т.е. стремления ее к единице. Судя по рисунку 1.23 исследований авторов [120] речь идет об интенсивности изменения коэффициента устойчивости во времени. И вообще статья [121] очень близка по содержанию и реализации исследований к статье этих же авторов.

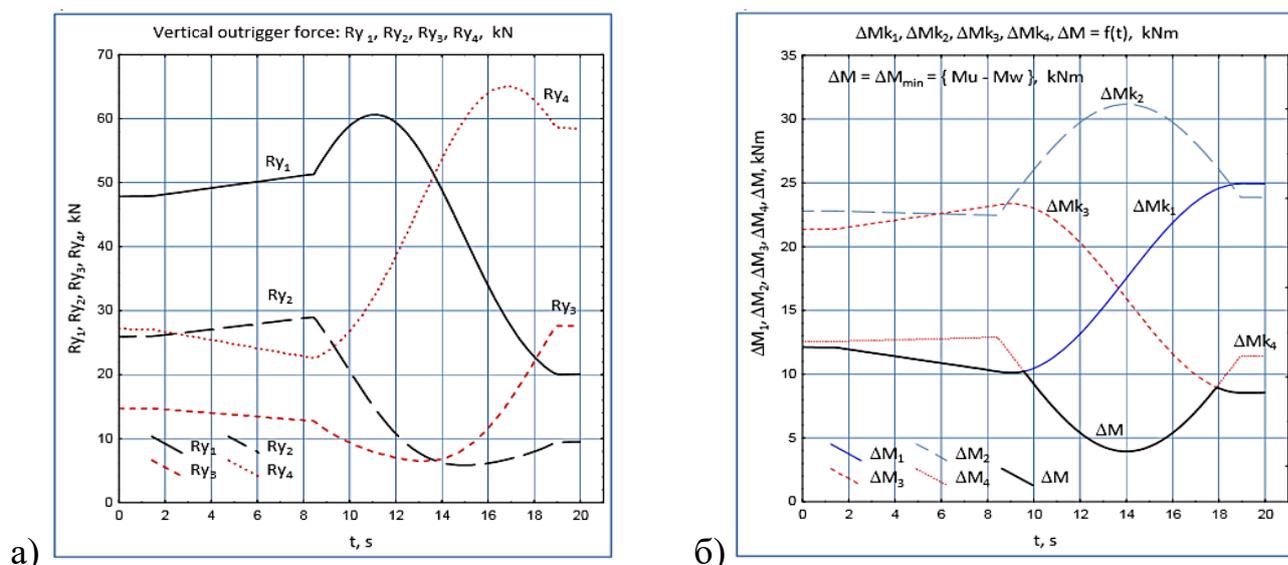
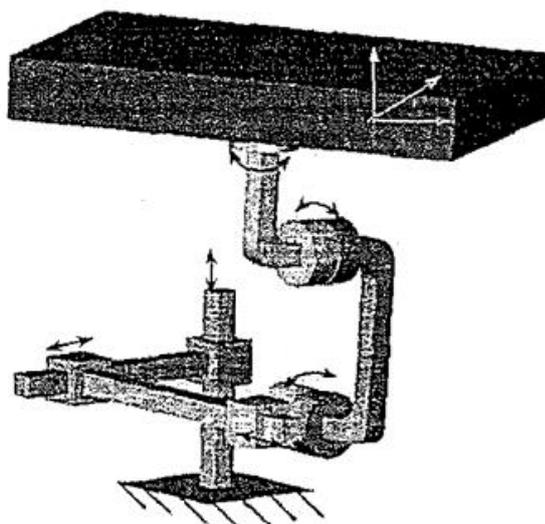


Рисунок 1.23 – Изменения значений вертикальных реакций основания R_{yi} ($i=1, \dots, 4$) для всех аутригеров (а) и разности крутящих моментов M_k ($k = 1, 2, \dots, 4$) по отношению ко всем осям опрокидывания опорной системы крана для третьего варианта подъема груза [120]

В работе [122] авторами рассмотрена возможность задействования ходового оборудования самоходных кранов для обеспечения их устойчивости. С нашей точки зрения, пневмоходовое оборудование в моделировании рассматривается как упруговязкая среда, имеющая шарнирно-подвижную опору, которая не может обеспечивать устойчивость машины. Данное положение не отражено в предлагаемой модели (см. рисунок 1.24). Более того, использование для описания работы системы уравнения Лагранжа 2-го рода позволит оценить колебательный процесс работы системы, показанный в статье как один период.



**Рисунок 1.24 – 3D моделирование опоры автомобильного крана
используя виртуальные соединения [123]**

В работе [123] рассмотрено изменение устойчивости работы кранов при отклонении грузового каната от вертикали. Это очевидно, что ведет к потере устойчивости. Испытания кранов проводились на твердом покрытии. Более того распределение нагрузки под опорами распределяется «рыбкой», что не соотносится с результатами исследований других авторов.

В работе [124] авторами исследуется метод, сочетающий математический расчет и динамическое моделирование для оценки сил реакции выносной опоры гидравлического мобильного крана. В результате проведенной работы выявлено, что предлагаемый метод теоретически обоснован и может быть использован при экспериментальных исследованиях и эксплуатации техники для предотвращения подъема крана с избыточной массой груза.

Авторы [125] рассмотрели изменение нагруженности крана в зависимости от угла наклона канатов по отношению к силе тяжести поднимаемого груза. Для предотвращения пиковых (предельно допустимых нагрузок, ведущих к потере устойчивости) вводятся системы контроля угла отклонения каната от вертикали не требующие дополнительных условий контроля.

В работе авторов [126] рассмотрены режимы работы самоходных гусеничных кранов на откосе. Рассмотрены и предложены в результате теоретических изысканий наиболее безопасные условия эксплуатации кранов в

этих условиях исходя из распределения давления под гусеничным ходовым оборудованием. Было установлено, что, при использовании искусственной нейронной сети, можно точно оценить эффект позиционирования мобильного крана на строительной площадке без необходимости построения модели устойчивости откоса для каждого конкретного случая. При проведении исследований не учитывались условия работы самоходных кранов на слабонесущих грунтах.

При проведении исследований авторы [127 - 130] рассматривали влияние использования грунтовых якорей для самоходного крана с целью повышения устойчивости при выполнении работ. Представленные расчёты показали, что грунтовые якоря незначительно повышают устойчивость автокранов в песчаных грунтах, в то время как на мёрзлых грунтах использование грунтовых якорей целесообразно.

В работах авторов [131 - 133] выявлено, что смещение центральной оси подвески приводит к изменению положения ребра опрокидывания опорного контура машины, что влечет за собой изменение величины коэффициента грузовой устойчивости. Так, авторами настоящего исследования предлагается экспериментальная схема по определению погрешности значения коэффициента грузовой устойчивости в зависимости от смещения ребра опрокидывания, вызванного креном подрессоренных масс шасси. Повышение точности значения коэффициента грузовой устойчивости является особенно важным вопросом, ведь таким образом удастся не только более эффективно использовать имеющийся технический потенциал шасси базовой машины и грузоподъёмное оборудование, но и наиболее точно отразить требования, предъявляемые к безопасной эксплуатации машины.

Авторы [134] проводили исследования устойчивости для корчевателя, выявлено что наибольшая устойчивость корчевателя обеспечивается при горизонтальной корчевке пня. При этом обеспечивается корчевка пней диаметром свыше 50 см, а максимальный диаметр ограничивается сцепными свойствами машины. Для обеспечения эффективности эксплуатации корчевателя извлечение

пней на максимальном вылете рекомендуется выполнять под уклон движением технологического оборудования, которое направлено параллельно опорной поверхности. При этом в случае расположения пня выше опорной поверхности большая поперечная устойчивость обеспечивается при движении технологического оборудования от машины, а в случае расположения пня ниже опорной поверхности корчевку следует осуществлять движением к базовой машине. Данные исследования были проведены в области обеспечения устойчивости самоходных машин, но имеют определенную специфику, что не соотносится с требованиями к обеспечению устойчивости стреловых самоходных кранов при работе на слабонесущих грунтах.

Проведенный анализ теоретических и экспериментальных исследований обеспечения устойчивости крановых конструкций на слабонесущих грунтах показал отсутствие математических зависимостей изменения усилий под опорами стреловых самоходных кранов, позволяющие в необходимой мере регулировать (обеспечивать) равномерность распределения давления. Проводимые экспериментальные исследования отличаются друг от друга как численными значениями, так и объяснениями физической природы происходящих явлений [111].

1.6 Выводы по первому разделу

1 На основе анализа ежегодных отчетов Ростехнадзора за период с 2008 по 2018 годы установлено что:

- максимальное число аварий из различных видов подъёмных сооружений приходится на стреловые самоходные краны на гусеничном и автомобильном ходу (45 %), затем идут башенные краны (38 %);
- аварии ведут к значительному экономическому ущербу, исчисляемому миллионами рублей и травматизму обслуживающего персонала;
- причины аварийности кранов, которые можно классифицировать в зависимости от характера их возникновения: техногенного (неисправность

устройств, приборов безопасности); природного (ураган, шквалистый ветер); организационного (нарушение технологической и трудовой дисциплины, неправильные действия персонала, несвоевременная регистрация подъемных средств и. п.) и эксплуатационного (перегруз, выполнение погрузочно-разгрузочных работ на слабонесущих грунтах, нарушение правил эксплуатации кранов при производстве работ);

- в представленном классификационном перечне не в полной мере отражены исследования по вопросу обеспечения устойчивости самоходных кранов при работе на слабонесущих грунтах.

2 Сравнительный анализ методик расчета показал, что теоретические исследования устойчивости кранов определяются по предельному состоянию с учетом самых неблагоприятных случаев. Это нагружения только грузовой и ветровой нагрузки нерабочего состояния как отношение опрокидывающего момента к удерживающему относительно ребра опрокидывания в зависимости от угла наклона стрелы крана. Учет динамических нагрузок проводился при условии работы самоходного крана на прочном основании.

3 Анализ патентной литературы позволил выявить тенденции усовершенствования самоходных кранов, направленные на:

- обеспечение безопасности и повышение надежности крановых конструкций за счет обеспечения и контроля устойчивости от опрокидывания;
- повышение удобства эксплуатации и монтажа за счет изменения конструкции выносных опор, что сопряжено с усложнением конструкции за счет введения дополнительных элементов (толкателей, фиксаторов, подпятников и т.п.).

4 Установлено, что дополнительно к основным классификационным признакам обеспечения безопасности кранового оборудования необходимо отнести обеспечение устойчивости на слабонесущих грунтах, которое обеспечивается при:

- создании несущего слоя грунта за счет его создания уплотнением или подстилающим устройством;
- контроле горизонтирования опорной площадки;

- предотвращении проседания грунта.

5 Рассмотренные методики проведения экспериментальных исследований при работе самоходного кранового оборудования, с учетом накладываемых ограничений, не в полной мере отражают изменение неравномерности просадки грунта под опорами в зависимости от веса поднимаемого груза, положения стрелы в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Результаты идентично проведенных экспериментов отличаются друг от друга с точки зрения графической интерпретации и числовыми значениями, что свидетельствует о необходимости разработки методики проведения экспериментальных исследований, позволяющей оценить противоречие в указанных работах.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИ РАБОТЕ НА СЛАБОНЕСУЩИХ ГРУНТАХ

2.1 Физико-механические свойства грунтов

Анализ состояния вопроса позволил выявить актуальное направление исследований целью которого является обеспечение устойчивости самоходных кранов в процессе эксплуатации. Дополненные классификационные признаки по способам обеспечения устойчивости свидетельствуют о необходимости уточнения теоретических и экспериментальных положений, существующих в настоящее время при работе грузоподъемных кранов на слабонесущих грунтах. Исходя из сказанного, рассмотрим физико-механические свойства слабонесущих грунтов как объекта воздействия на них опорного устройства самоходных кранов.

К физическим характеристикам грунтов относятся [135]:

- коэффициент пористости;
- коэффициент влагонасыщенности;
- относительная плотность;
- пределы консистенции;
- коэффициент сжимаемости;
- коэффициент водонепроницаемости;
- коэффициент внутреннего трения.

К механическим характеристикам относятся [135]:

- модуль деформации грунта;
- сопротивление грунта растяжению-сжатию, изгибу, сдвигу, вдавливанию.

Модуль деформации E грунта определяется по кривой сопротивления вдавливанию цилиндрического штампа в грунт, МПа [136]:

$$E = \alpha \frac{\sigma \cdot D}{\lambda}, \quad (2.1)$$

где α – поправочный коэффициент, учитывающий форму штампа; σ – напряжение по поверхности грунта под штампом, МПа; D – диаметр штампа, см; λ – осадка штампа, см.

Сопротивление грунта вдавливанию определяется коэффициентом сопротивления смятию p_0 и допускаемой нагрузкой p_d [136], см. таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Коэффициенты сопротивления смятию p_0 и допускаемой нагрузки на грунт p_d , МПа

Род и состояние грунтов	p_0	p_d
Болото	0,005-0,01	0,04-0,06
Заболоченный грунт	0,012-0,015	0,08-0,10
Мокрая глина, рыхлый песок, пашня	0,02-0,03	0,2-0,4
Крупный песок, средняя глина влажная	0,03-0,045	0,4-0,6
Средняя глина и плотная глина влажная	0,05-0,06	0,6-0,7
Плотная глина средней влажности, мергель и лесс влажные	0,07-0,1	0,8-1
Плотная глина, мергель и лесс сухие	0,11-0,13	1,1-1,5

Из нормативной документации [110] установлены допустимые пределы удельного давления на грунт опор кранов, см. таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Допустимые пределы удельного давления на грунт опор кранов в зависимости от грузоподъемности, МПа

Грузоподъемность крана	Допускаемое давление на грунт
до 25 т	0,4-0,5
25-63 т	0,6-0,7
100-160 т	0,8-1,0
до 400 т	1,2-1,8

Очевидно, что к слабонесущим грунтам при эксплуатации стреловых самоходных кранов относятся пески пылеватые и рыхлые, супеси, суглинки, слабые мокрые и влажные глины, пашни, лессы, лессовидные супеси, пепловые отложения и промышленные отходы (например, колосниковая пыль), насыпные грунты, которые образуются при планировке сложного рельефа или засыпке котлованов и оврагов (актуально для строительных площадок) [137]. Суммарное

проседание различных видов грунтов может варьироваться от нескольких сантиметров до 2 м [138]. Таким образом вопрос обеспечения устойчивости стреловых самоходных кранов и снижения просадки опор на данных типах грунтов является актуальным.

2.2 Моделирование обеспечения устойчивости транспортных средств при работе на слабонесущих грунтах

Для разработки усовершенствованного устройства обеспечения устойчивости самоходных стреловых кранов, проведены теоретические исследования проседания выносных опор в грунт, которое зависит от изменения усилий под опорами, возникающими в процессе эксплуатации крана. Работа системы горизонтирования самоходных кранов представлена в виде расчетной схемы, приведенной на рисунке 2.1. Выносные опоры располагаются в точках A , B , D_1 и D_2 .

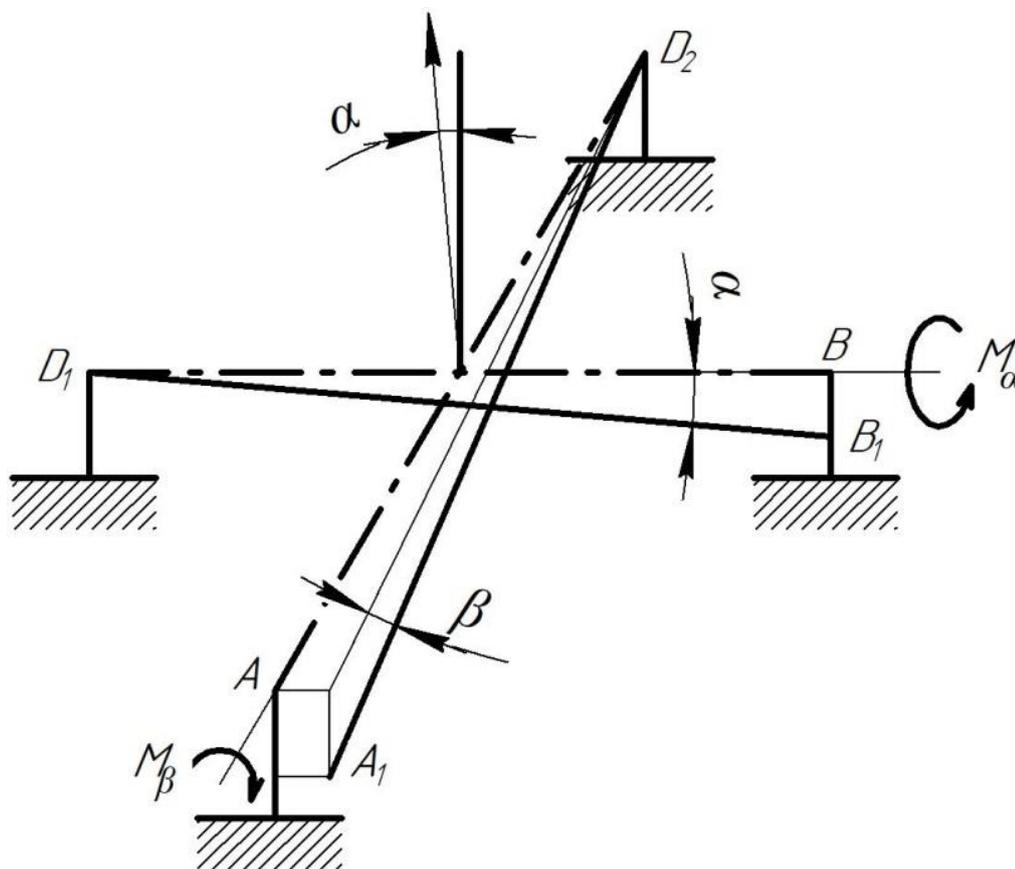


Рисунок 2.1 – Модель взаимодействия выносных опор с грунтом

В соответствии с условиями погружения опор в грунт, предположим, что, например, опоры D_1 и D_2 имеют допустимую величину погружения, которую можно принять за точку отсчета. Тогда при погружении опоры B в грунт, она переместится в положение B_1 . В результате этого произойдет смещение опоры A вниз и вправо, т.е. в положение A_1 (см. рисунок 2.1), так как представленная система является связанной. Одновременно произойдет смещение вертикальной оси системы на угол α от вертикали [139]. Отметим, что фиксирование отклонений можно осуществлять датчиками положения типа 13.3843, 13.4847, 40.3706 и т.п. [140].

Например, для фиксирования отклонения точки B необходимо установить датчик D_1 , а для изменения положения опоры A – датчик D_2 . Другими словами, при погружении обозначенных опор в грунт датчики D_1 и D_2 будут фиксировать моменты M_β и M_α соответственно (см. рисунок 2.1), которые приведут к повороту осей D_1B и D_2A на углы α и β , соответственно.

Пользуясь теоремой общего кинематического момента в проекциях на оси, связанной системы координат составлено дифференциальное уравнение второго порядка, характеризующее движения четырехопорной системы [141]:

$$\begin{cases} J \cdot \ddot{\alpha} + h \cdot \dot{\alpha} - \mu \cdot \beta - H \cdot \dot{\beta} = 0 \\ J \cdot \ddot{\beta} + h \cdot \dot{\beta} - \mu \cdot \beta + H \cdot \dot{\alpha} = 0 \end{cases} \quad (2.2)$$

где J – момент инерции системы, кг·м²; $\ddot{\alpha}$, $\ddot{\beta}$ – угловые ускорения системы, рад/с²; h – коэффициент момента сил сопротивления, с; $\dot{\alpha}$, $\dot{\beta}$ – угловые скорости системы, рад/с; μ – коэффициент Пуассона; β – угол поворота системы, рад; $H = I \cdot \Omega$ – кинетический момент инерции относительно оси вращения, кг·м²/с; I – собственный момент инерции системы относительно оси вращения, кг·м²; Ω – угловая скорость вращения системы относительно собственной оси вращения, рад/с.

Для решения системы уравнений (2.1), составлено характеристическое уравнение [142]:

$$\begin{vmatrix} J \cdot \lambda^2 + h \cdot \lambda & -H \cdot \lambda - \mu \\ H \cdot \lambda + \mu & J \cdot \lambda^2 + h \cdot \lambda \end{vmatrix} = 0. \quad (2.3)$$

Раскрыв определитель уравнения (2.3), получено:

$$J^2 \cdot \lambda^4 + 2J^2 \cdot h \cdot \lambda^3 + (H^2 + h^2) \cdot \lambda^2 - 2 \cdot H \cdot \mu \cdot \lambda + \mu^2 = 0. \quad (2.4)$$

Учитывая, что все коэффициенты уравнения (2.4) больше нуля, составлено уравнение:

$$\Delta_3 = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 - a_0 \cdot a_3^2 - a_1^2 \cdot a_4 > 0, \quad (2.5)$$

где $a_0 = J^2$; $a_1 = 2J^2 \cdot h$; $a_2 = (h^2 + H^2)$; $a_3 = -2 \cdot \mu \cdot H$; $a_4 = \mu^2$.

Используя вышеприведенные условия, уравнение (2.5) преобразовано к виду:

$$\Delta_3 = -4 \cdot \mu \cdot J \cdot (h^2 + H^2) \cdot (h \cdot H - \mu \cdot J) > 0. \quad (2.6)$$

Исследуя неравенство (2.6) при $h \neq 0$, т.е. в случае наличия сил сопротивления получим:

$$h \geq \frac{\mu \cdot J}{H} = \frac{\mu \cdot J}{I \cdot \Omega}. \quad (2.7)$$

Таким образом, для обеспечения горизонтирования поверхности достаточно определить сопротивление в опорах при условии выполнения неравенства (2.7).

Из анализа неравенства (2.7) выявлено, что для достижения этого результата необходимо изменять [139]:

- состояние опорной поверхности;
- моменты инерции системы относительно положения центра тяжести.

Рассмотрено условие изменения состояния опорной поверхности, т.е. оценены напряжения в грунте на примере погружения в него (в точке B) одной опоры (см. рисунок 2.2). На опору действует внешняя нагрузка интенсивностью P , под влиянием которой опора погружается в грунт на величину Δ [135], [143 - 145], которую возможно определить по основным зависимостям сопротивления материалов [146]:

$$\frac{\Delta}{\Delta l} = \frac{P}{E \cdot A}, \quad (2.8)$$

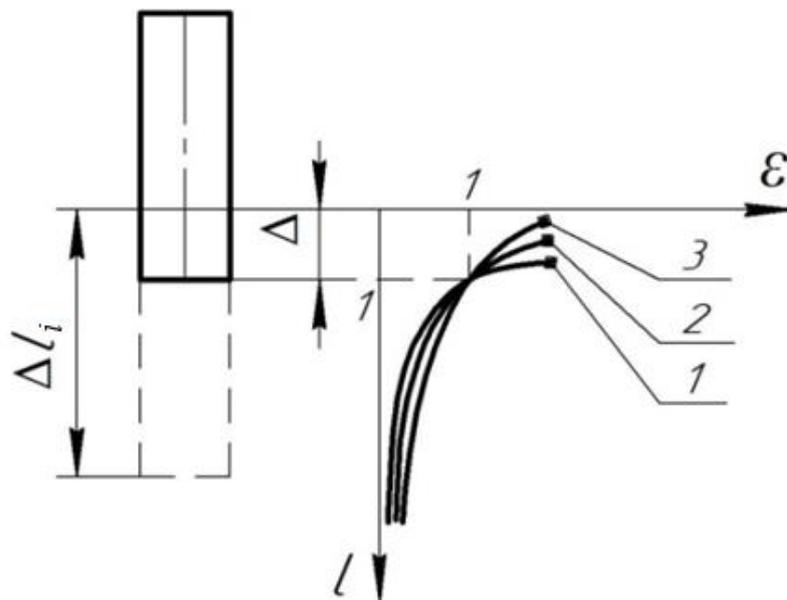
где P – усилие сжатия грунта, Н; E – модуль упругости грунта, МПа; A – площадь опоры, м²; Δl – длина сжатого грунта под опорой, м.

Эпюра изменения сжатия грунта по глубине (рисунок 2.2) в соответствии с зависимостью (2.8) будет изменяться по закону показательной функции.

$$\Delta = \frac{P \cdot \Delta l}{E \cdot A},$$

$$\frac{\Delta_i}{\Delta l_i} = \varepsilon_i = \frac{P_i}{E \cdot A},$$

где ε_i – модуль деформации грунта.



1 – Δl_1 ; 2 – Δl_2 ; 3 – Δl_3 . Здесь ($P_1 > P_2 > P_3$)
Рисунок 2.2 – Изменение напряжений в грунте при погружении плоского штампа в грунт

С другой стороны, в опоре (точка A) происходит перемещение грунта со смещением на сторону (см. рисунок 2.3) в силу того, что система, представленная на рисунке 2.1 является геометрически неизменяемой.

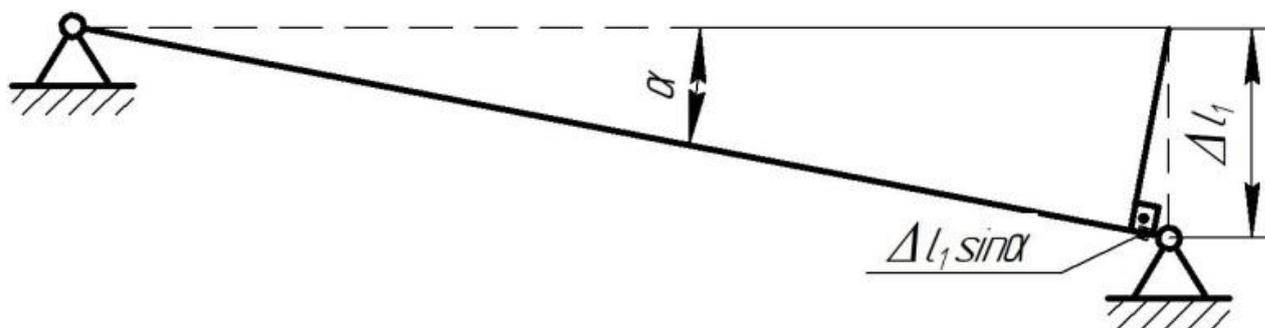


Рисунок 2.3 – Усилие увода опоры A в сторону

Усилие увода определяется из соотношения:

$$\frac{q \cdot (\Delta l_1)^2}{2} = \frac{P \cdot \Delta l_1 \cdot \sin \alpha}{2} \leq \frac{[\sigma]}{A}, \quad (2.9)$$

где $[\sigma]$ – допускаемое напряжение сжатия в грунте, МПа;
 $q = P \cdot \sin \alpha / \Delta l_1$ – распределенная нагрузка по длине вдавливания опоры
 в точке A , м.

Из выражения (2.9) выявлено, что распределение напряжения под опорой A изменяется по квадратичной зависимости (см. рисунок 2.4).

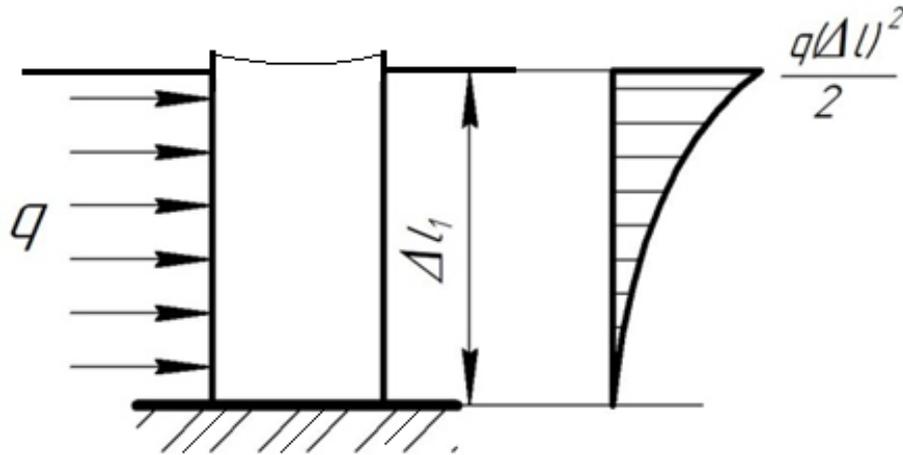


Рисунок 2.4 – Погружение опоры в грунт

Из выражения (2.9), получено:

$$[\sigma] > \frac{P \cdot A \cdot \Delta l_1 \cdot \sin \alpha}{2}. \quad (2.10)$$

Величина изгибающего момента, действующего на опору у поверхности
 грунта равна:

$$M = \frac{q \cdot l^2}{2}. \quad (2.11)$$

Учитывая, что:

$$q = \frac{P \cdot \sin \alpha}{\Delta l_1}. \quad (2.12)$$

Выявлено, что боковой увод опоры возможен при невыполнении условия
 (2.10).

С другой стороны (см. рисунок 2.4) получено:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{P \cdot \sin \alpha \cdot \Delta l_1^2 \cdot 6}{2 \cdot a \cdot h^2 \cdot \Delta l_1} = \frac{P \cdot \sin \alpha \cdot \Delta l_1^2 \cdot 6}{2 \cdot a \cdot \Delta l_1^3} = \frac{3 \cdot P \cdot \sin \alpha}{a \cdot \Delta l_1}, \quad (2.13)$$

где $W = \frac{a \cdot h^2}{6}$ – момент сопротивления опоры, м³; a – сторона опоры, м;

$h = \Delta l_1$ – глубина погружения опоры, м.

Тогда:

$$\Delta l_1 = \frac{3 \cdot P \cdot \sin \alpha}{\sigma \cdot a}.$$

Состояние опорной поверхности возможно изменить, используя под опорами сплошную подкладку, выполненную в виде ленты. Для решения задачи с подкладкой применен способ вариационного исчисления. Очевидно, что сила давления на опорную поверхность нового состояния (с подкладкой) не изменилась и равна P (см. рисунок 2.5).

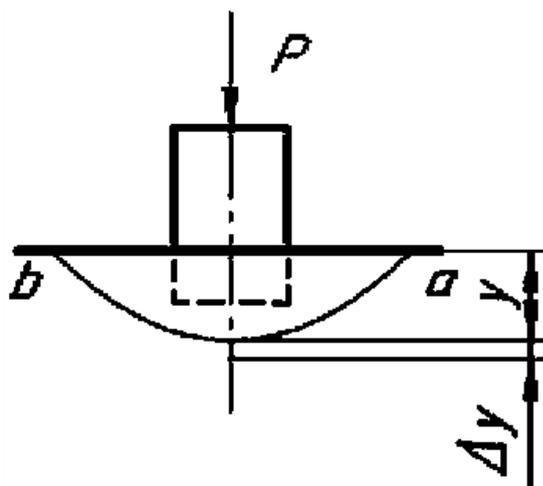


Рисунок 2.5 – Погружение опоры в грунт при наличии подкладки

Исследования проведены, используя энергетический потенциал системы. Потенциальная энергия системы равна:

$$U = c - 2 \cdot \sigma \cdot S + P \cdot y = c - 2 \cdot \sigma \cdot \left(S - \frac{P}{2 \cdot \sigma} \cdot y \right). \quad (2.14)$$

При увеличении просадки y на Δy происходит погружение на Δy , что ведёт к увеличению U на величину $P \Delta y$.

Задача сводится к определению безусловного экстремума функционала вида:

$$S - \frac{P}{2 \cdot \sigma} \cdot y = \int_a^b \left(y - \frac{P}{2 \cdot \sigma} \cdot \sqrt{1 + \dot{y}^2} \right) \cdot dx. \quad (2.15)$$

На основе функционала (2.14), составлено уравнение Эйлера

$$\lambda = -\frac{P}{2 \cdot \sigma}. \quad (2.16)$$

Решение уравнения (2.16) имеет вид:

$$(x + C_1)^2 + (y - C_2)^2 = \alpha^2. \quad (2.17)$$

Из этого следует, что напряжения будут распределяться по дуге окружности радиуса R :

$$R = |\alpha| = \sqrt{\frac{P}{2 \cdot \sigma}} \Rightarrow \sigma = \frac{P}{a^2 \cdot 2} = \varepsilon_2 \cdot E. \quad (2.18)$$

где ε_2 – модуль деформации грунта с использованием ленты.

Для оценки изменения усилий под опорами сравним выражения (2.18) и (2.8), характеризующие состояния опорной поверхности до и после использования ленты:

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{P \cdot 2 \cdot R^2 \cdot E}{E \cdot A \cdot P} = \frac{2 \cdot R^2}{A}. \quad (2.19)$$

Для удобства принято, что давление распределяется непосредственно под опорой, т.е. $A = R^2$. Отсюда очевидно, что давление под опорами в первом случае (для не модернизированной системы) будет в два и более раз выше [137].

2.3 Моделирование усилий в опорах стреловых самоходных кранов при работе

Выше была установлена неравномерность проседания крановых опор, что свидетельствует о неравномерности распределения усилий под ними. Для определения усилий воспользуемся статическими уравнения равновесия пространственной системы, представленной на рисунке 2.6 [147].

Для рассматриваемой системы будут иметь вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} x_B = 0 \\ y_B = 0 \\ R_1 + R_2 + R_3 + R_4 - G_{ш} - G - G_{п} - G_{пов.ч.} = 0 \\ G \cdot l \cdot \cos \alpha \cdot \sin \beta - G_{п} \cdot k \cdot \sin \beta + R_1 \cdot \frac{b}{2} + R_2 \cdot \frac{b}{2} - R_3 \cdot \frac{b}{2} - R_4 \cdot \frac{b}{2} = 0 \\ -G \cdot l \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta + G_{п} \cdot k \cdot \cos \beta + G_{ш} \cdot a_1 + R_1 \cdot a_2 + R_4 \cdot a_2 - \\ - R_2 \cdot (a - a_2) - R_3 \cdot (a - a_2) = 0 \\ -M_B = 0 \end{array} \right. \quad (2.21)$$

Из уравнений 1,2 и 6 системы (2.22) следует что:

$$\left\{ \begin{array}{l} x_B = 0 \\ y_B = 0 \\ M_B = 0 \end{array} \right. \quad (2.22)$$

Пусть начальное (допускаемое) проседание одной из опор в грунт, например, первой $R_1 = A$. Причем $A \in [0; P]$.

Тогда уравнение 3 системы (2.22) будет иметь вид:

$$\begin{aligned} A + R_2 + R_3 + R_4 &= G_{ш} + G + G_{п} + G_{пов.ч.} \Rightarrow \\ R_2 &= G_{ш} + G + G_{п} + G_{пов.ч.} - A - R_3 - R_4 \end{aligned} \quad (2.23)$$

Подставив (2.24) в уравнение 4 системы (2.22) получено:

$$\begin{aligned} &G \cdot l \cdot \cos \alpha \cdot \sin \beta - G_{п} \cdot k \cdot \sin \beta + \frac{b}{2} \cdot A + \\ &+ \frac{b}{2} (G_{ш} + G + G_{п} + G_{пов.ч.} - A - R_3 - R_4) - \frac{b}{2} \cdot R_3 - \frac{b}{2} \cdot R_4 = 0 \Rightarrow \\ &G \cdot l \cdot \cos \alpha \cdot \sin \beta - G_{п} \cdot k \cdot \sin \beta + \frac{b}{2} \cdot G_{ш} + \frac{b}{2} \cdot G + \\ &+ \frac{b}{2} \cdot G_{п} + \frac{b}{2} \cdot G_{пов.ч.} - b \cdot R_3 - b \cdot R_4 \Rightarrow \\ R_3 &= \frac{G \cdot l \cdot \cos \alpha \cdot \sin \beta - G_{п} \cdot k \cdot \sin \beta}{b} + \frac{G_{ш}}{2} + \frac{G}{2} + \frac{G_{п}}{2} + \frac{G_{пов.ч.}}{2} - R_4 \end{aligned} \quad (2.24)$$

Подставив (2.25) в (2.24) получено:

$$\begin{aligned} A + R_2 + \frac{G \cdot l \cdot \cos \alpha \cdot \sin \beta - G_{п} \cdot k \cdot \sin \beta}{b} + \frac{G_{ш}}{2} + \frac{G}{2} + \\ + \frac{G_{п}}{2} + \frac{G_{пов.ч.}}{2} - R_4 + R_4 &= G_{ш} + G + G_{п} + G_{пов.ч.} \Rightarrow \end{aligned} \quad (2.25)$$

$$R_2 = \frac{G_{ш}}{2} + \frac{G}{2} + \frac{G_n}{2} + \frac{G_{пов.ч.}}{2} - \frac{G \cdot l \cdot \cos \alpha \cdot \sin \beta - G_n \cdot k \cdot \sin \beta}{b} - A$$

Подставив (2.25) и (2.26) в уравнение 5 системы (2.22) получено:

$$\begin{aligned} & -G \cdot l \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta + G_{п.} \cdot k \cdot \cos \beta + G_{ш.} \cdot a_1 + R_1 \cdot a_2 + R_4 \cdot a_2 - \\ & - \left(\frac{G_{ш.}}{2} + \frac{G}{2} + \frac{G_{п.}}{2} + \frac{G_{пов.ч.}}{2} - \frac{G \cdot l \cdot \cos \alpha \cdot \sin \beta - G_{п.} \cdot k \cdot \sin \beta}{b} - A \right) \cdot \\ & \cdot (a - a_2) - \\ & - \left(\frac{G \cdot l \cdot \cos \alpha \cdot \sin \beta - G_{п.} \cdot k \cdot \sin \beta}{b} + \frac{G_{ш.}}{2} + \frac{G}{2} + \frac{G_{п.}}{2} + \frac{G_{пов.ч.}}{2} - R_4 \right) \cdot \end{aligned} \quad (2.26)$$

$$\cdot (a - a_2) = 0 \Rightarrow$$

$$\begin{aligned} R_4 = & \frac{G \cdot l \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta - G_{п.} \cdot k \cdot \cos \beta - G_{ш.} \cdot a_1}{a} + \\ & + G_{ш.} + G + G_{п.} + G_{пов.ч.} - \frac{(G_{ш.} + G + G_{п.} + G_{пов.ч.}) \cdot a_2}{a} - A \end{aligned}$$

Подставив (2.27) в (2.25) получено:

$$\begin{aligned} R_3 = & \frac{G \cdot l \cdot \cos \alpha \cdot \sin \beta - G_{п.} \cdot k \cdot \sin \beta}{b} + \frac{G_{ш.}}{2} + \frac{G}{2} + \\ & + \frac{G_{п.}}{2} + \frac{G_{пов.ч.}}{2} - \frac{G \cdot l \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta - G_{п.} \cdot k \cdot \cos \beta - G_{ш.} \cdot a_1}{a} - \\ & - G_{ш.} - G - G_{п.} - G_{пов.ч.} + \frac{(G_{ш.} + G + G_{п.} + G_{пов.ч.}) \cdot a_2}{a} + A \Rightarrow \end{aligned} \quad (2.27)$$

$$\begin{aligned} R_3 = & \frac{G \cdot l \cdot \cos \alpha \cdot \sin \beta - G_{п.} \cdot k \cdot \sin \beta}{b} - \\ & - \frac{G \cdot l \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta - G_{п.} \cdot k \cdot \cos \beta - G_{ш.} \cdot a_1}{a} - \frac{G_{ш.}}{2} - \frac{G}{2} - \frac{G_{п.}}{2} - \\ & - \frac{G_{пов.ч.}}{2} + \frac{(G_{ш.} + G + G_{п.} + G_{пов.ч.}) \cdot a_2}{a} + A \end{aligned}$$

В результате получена систему уравнений для определения усилий в опорах крана $R_1 - R_4$, кН:

$$\left\{ \begin{array}{l} R_1 = A \\ R_2 = \frac{G_{\text{ш}}}{2} + \frac{G}{2} + \frac{G_{\text{п}}}{2} + \frac{G_{\text{пов.ч.}}}{2} - \frac{G \cdot l \cdot \cos \alpha \cdot \sin \beta - G_{\text{п}} \cdot k \cdot \sin \beta}{b} - A \\ R_3 = \frac{G \cdot l \cdot \cos \alpha \cdot \sin \beta - G_{\text{п}} \cdot k \cdot \sin \beta}{b} - \\ - \frac{G \cdot l \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta - G_{\text{п}} \cdot k \cdot \cos \beta - G_{\text{ш}} \cdot a_1}{a} - \\ - \frac{G_{\text{ш}}}{2} - \frac{G}{2} - \frac{G_{\text{п}}}{2} - \frac{G_{\text{пов.ч.}}}{2} + \frac{(G_{\text{ш}} + G + G_{\text{п}} + G_{\text{пов.ч.}}) \cdot a_2}{a} + A \\ R_4 = \frac{G \cdot l \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta - G_{\text{п}} \cdot k \cdot \cos \beta - G_{\text{ш}} \cdot a_1}{a} + G_{\text{ш}} + G + G_{\text{п}} + G_{\text{пов.ч.}} - \\ - \frac{(G_{\text{ш}} + G + G_{\text{п}} + G_{\text{пов.ч.}}) \cdot a_2}{a} - A \end{array} \right. \quad (2.28)$$

Распределение усилий под опорами является параметрической функцией, зависящей от габаритных размеров опорного контура и веса элементов грузоподъемного крана. Равномерность распределения под опорами при заданной грузоподъемности, во многом определяется размерами a и b , т.е. изменением площади опорного контура крана.

Полученные выражения для определения опорных реакций (усилий под опорами) позволяют после несложных математических преобразований получить зависимости для углов α и β при выборе рационального положения стрелы крана, обеспечивающего горизонтирование платформы и устойчивую работу самоходного крана при эксплуатации на слабонесущих грунтах.

Таким образом, теоретические исследования распределения усилий под опорами в зависимости от веса поднимаемого груза, угла установки стрелы в вертикальной и горизонтальной плоскостях позволили установить неравномерность их распределения, что подтверждено исследованиями, приведенными выше.

2.4 Выводы по второму разделу

1 При проведении теоретических исследований устойчивости самоходных кранов на слабонесущих грунтах установлено, что для обеспечения горизонтирования поверхности необходимо выполнение неравенства (2.7), которое обеспечивается изменением величины опорной поверхности или моментов инерции системы относительно положения центра тяжести. Таким образом, для обеспечения горизонтирования поверхности достаточно определить сопротивление в опорах при условии выполнения неравенства (2.7).

2 Выявлено, что изменение сжатия грунта под опорами по глубине изменяется по закону показательной функции. Для оценки изменения усилий под опорами предложено выражение (2.19).

3 Теоретические исследования распределения усилий под опорами в зависимости от веса поднимаемого груза, угла установки стрелы в вертикальной и горизонтальной плоскостях позволили установить неравномерность их распределения. Полученные выражения (2.28) для определения опорных реакций (усилий под опорами) позволяют получить зависимости для углов α и β при выборе рационального положения стрелы крана, обеспечивающего горизонтирование платформы и устойчивую работу самоходного крана при эксплуатации на слабонесущих грунтах.

3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИ РАБОТЕ НА СЛАБОНЕСУЩИХ ГРУНТАХ

3.1 Алгоритм проведения экспериментальных исследований

Для подтверждения выводов, полученных при проведении анализа состояния вопроса и теоретических исследований необходимо проведение эксперимента, целью которого является сравнительный анализ усилий под выносными опорами и величины проседания под опорами стрелового самоходного крана на грунтах различного состояния для базовой и усовершенствованной конструкции. Алгоритм проведения эксперимента, цель и задачи исследований представлены на рисунке 3.1.

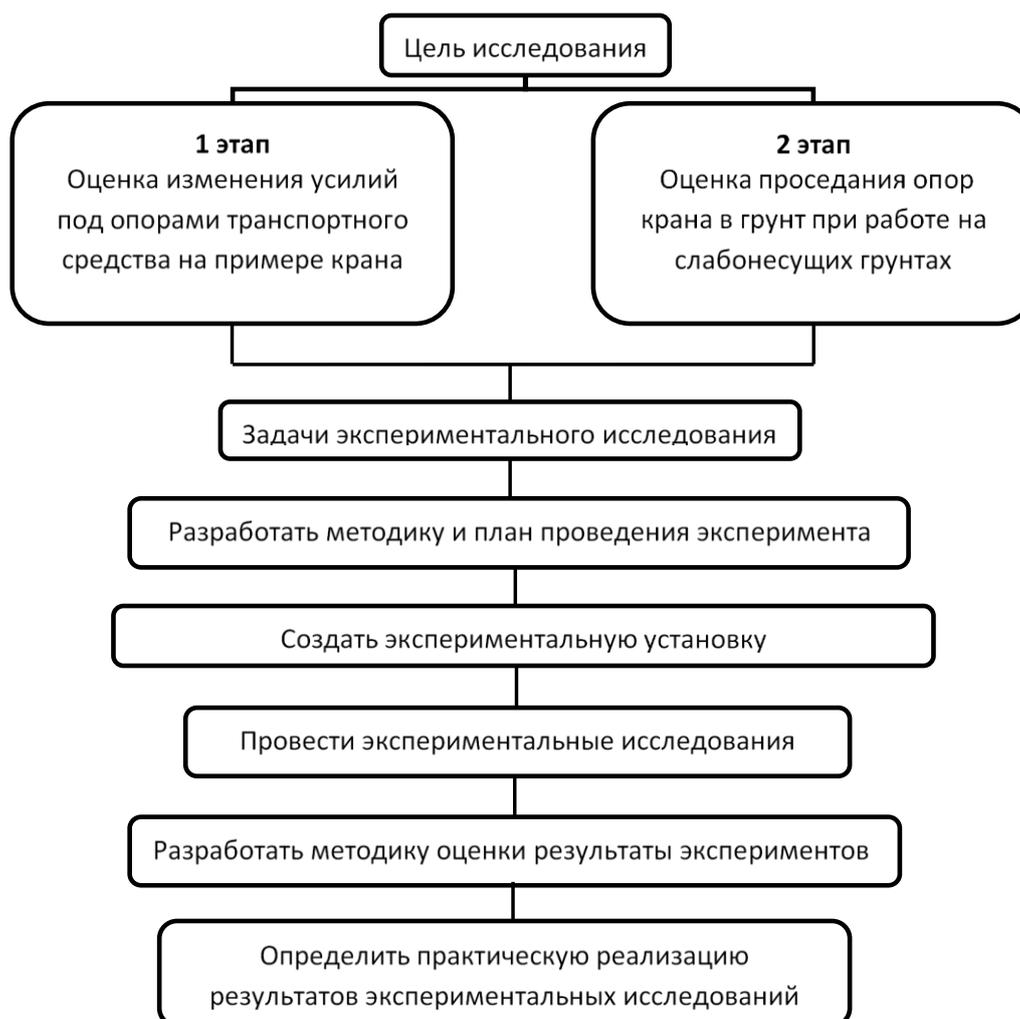


Рисунок 3.1 – Алгоритм проведения экспериментальных исследований

Другими словами, необходимо провести оценку распределение усилий под опорами и величину проседания опор экспериментальным путем и произвести сравнение полученных результатов с теоретическими, приведенными в разделе 2. Учитывая повторяемость эксперимента для различных видов грунтов, целесообразно проводить его в два этапа.

Выше было установлено, что горизонтирование поверхности нарушается в процессе неравномерной просадки грунта под выносными опорами в процессе эксплуатации самоходных стреловых кранов. Это нарушение оказывает негативное влияние на эксплуатационные показатели кранов и безопасность их работы, проявляемую в возможном опрокидывании. Основным показателем нарушения горизонтирования является величина h проседания опоры в грунт, которую можно оценить визуально, но очень сложно оценить с высокой точностью даже при проведении натурного эксперимента. Проведение натурного эксперимента сопряжено со сложностью выбора места работ в идентичных условиях эксплуатации на грунтах различного состояния. Поэтому для оценки проседания опор в слабонесущие грунты воспользуемся проведением эксперимента с применением методов масштабного моделирования.

Для достижения цели экспериментальных исследований, необходимо решить следующие задачи:

1. Определить физико-механические характеристики слабонесущих грунтов и подготовить модель грунта для проведения эксперимента.
2. Оценить изменение нагрузки на опоры и величину проседания выносных опор крана на грунтах различного состояния и сравнить полученные результаты с результатами теоретических исследований.
3. Провести анализ результатов экспериментальных исследований.
4. Перейти от усилий параметров модели к параметрам оригинала.

3.2 Первый этап экспериментальных исследований

3.2.1 Методика проведения эксперимента

Результаты теоретических исследований, представленных во втором разделе, подтверждаются результатами исследований авторов А.В. Редькина, П.А. Сорокина, С.А. Зыряновой, К.М. Мамаева и др. в работах [28 - 30], [32 - 36], [112 - 114], [117 - 121], [123 - 126], [131 - 133]. При проведении теоретических исследований установлено, что основными факторами, влияющими на просадку грунта под опорой крана, являются угол наклона α стрелы к горизонту (вылет стрелы), угол отклонения β стрелы от оси, совпадающей с продольной осью крана и масса поднимаемого груза G . Таким образом, очевидно, что проводимый эксперимент будет трехфакторным, в котором изменяемые параметры будут лежать в пределах допустимых отклонений от минимальной до максимальной величины.

В качестве прототипа для изготовления модели был принят кран самоходный КС-3577-4-1 грузоподъемностью 14 т и длиной стрелы 8 м. Из практики эксплуатации этого кранового оборудования известно, что угол α в процессе работы изменяется в зависимости от грузовысотных характеристик [148] крана от $8^{\circ}35'$ до $60^{\circ}23'$. Грузовысотная характеристика крана представлена на рисунке 3.2. Угол β – от 0 до 90° , а масса поднимаемого груза в зависимости от угла от 0 до 14 т при $\alpha = 60^{\circ}23'$ и от 0 до 4,7 т при $\alpha = 8^{\circ}35'$ [148].

Решение поставленной задачи позволяет в процессе экспериментальных исследований в полной мере оценить качественно и количественно величину изменения усилий под опорами в зависимости от исследуемых факторов. Кроме того, проведенный эксперимент позволит описать физическую природу проседания аутригера в грунт.

Выходные параметры (усилие давления на грунт P и величину проседания грунта под каждой опорой h) описываются функционалом вида:

$$P = f(\alpha, \beta, G). \quad (3.1)$$

Проводимый эксперимент является трехфакторным, где входными параметрами будут масса поднимаемого груза, угол отклонения стрелы крана к горизонту и угол поворота стрелы крана в вертикальной плоскости.

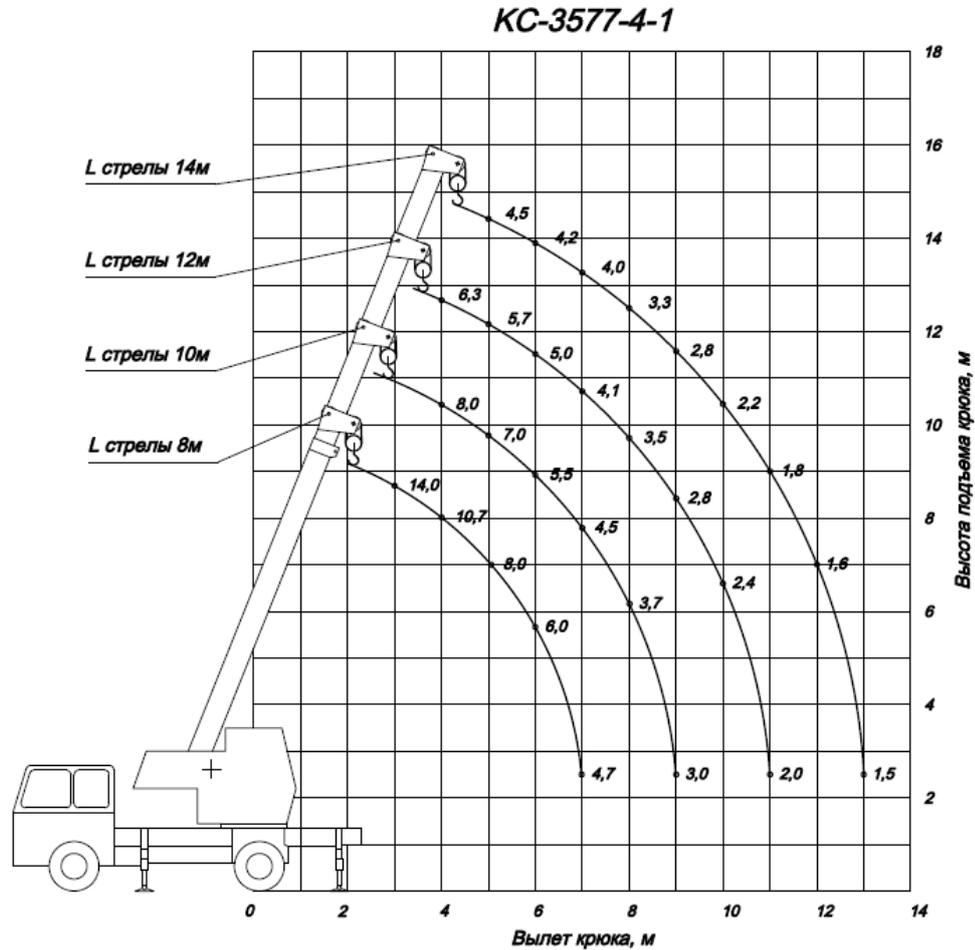


Рисунок 3.2 – Грузовысотная характеристика крана КС-3577-4-1

Для проведения эксперимента составлена матрица планирования трехфакторного эксперимента (см. таблицу 3.1), где входными параметрами являются факторы X_1 , X_2 и X_3 соответствуют заявленным факторам α , β и G , причем «+1» соответствует максимальное значение фактора, а «-1» – минимальное. Число проводимых опытов равно $N = 2^3 = 8$ [140], которое повторяется для каждого типа рассматриваемого грунта.

Сложность проведения экспериментальных исследований состоит:

- в незначительной разнице в массе поднимаемого груза на модели. При пересчете на линейные размеры сложно оценить с достаточной степенью точности глубину проседания опор модели в грунт;
- в выборе модели грунтов с числом ударов динамического плотномера конструкции ДорНИИ, соответствующих показателям слабонесущих грунтов.

Таблица 3.1 – Матрица планирования эксперимента

№ опыта N	Факторы			Функция отклика (среднестатистические значения усилий $P = \bar{Y}_{ij}$ под опорами)			
	$X_1 (\alpha)$	$X_2 (\beta)$	$X_3 (G)$	Опора 1	Опора 2	Опора 3	Опора 4
1	+1	+1	+1				
2	+1	+1	-1				
3	+1	-1	+1				
4	+1	-1	-1				
5	-1	+1	+1				
6	-1	+1	-1				
7	-1	-1	+1				
8	-1	-1	-1				
Накопленные суммы							

Значения исследуемых параметров оригинала должны лежать в пределах максимальных и минимальных значений, соответствующих границам исследований и матрице планирования (рисунок 3.3). Среднее значение на плоскости соответствующее нулевому значению, равно:

$$X_{\text{cp}} = \frac{X_{i\text{max}} + X_{i\text{min}}}{2}. \quad (3.2)$$

Функцией отклика будет величина изменения усилий.

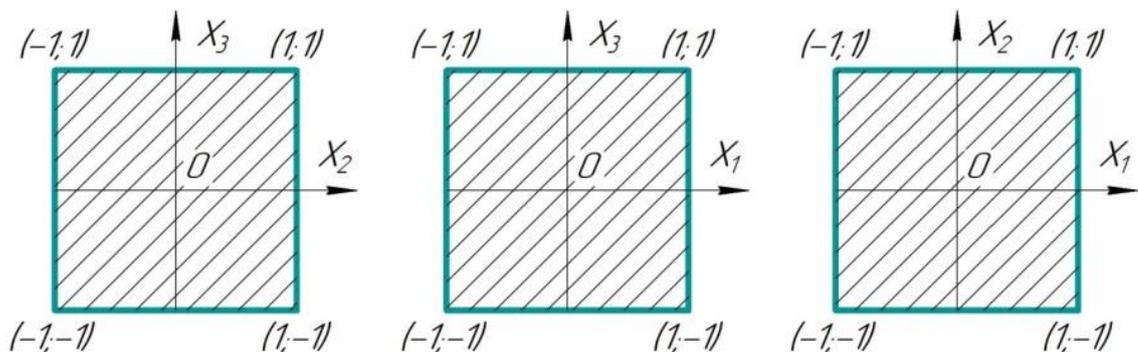


Рисунок 3.3 – Границы значений исследуемых параметров

Для создания экспериментальной установки выбраны масштабы моделирования исходя из величины установочных размеров под выносными опорами, т.е. масштаб моделирования k_l линейных размеров равен:

$$k_l = \frac{l_o}{l_m} = \frac{3950}{125} = 31,6, \quad (3.3)$$

где l_o и l_m – линейные размеры оригинала и модели, мм.

Тогда масштаб моделирования массы поднимаемого груза k_p будет равен:

$$k_p = \frac{m_o}{m_m} = k_l^3 = 31,6^3, \quad (3.4)$$

где m_o и m_m – масса оригинала и модели, г.

Масса поднимаемого груза на модели в соответствии с выбранным масштабом моделирования определена по формуле (3.4). Результаты расчетов приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Масса поднимаемого груза на модели и оригинале

Определяемая величина	Угол наклона α стрелы к горизонту	
	$\alpha=60^{\circ}23'$	$\alpha=8^{\circ}35'$
Масса груза:		
на модели, г	443,32	148,92
на оригинале, т	14,0	4,7

При проведении эксперимента использовалось сертифицированное измерительное и лабораторное оборудование (см. таблицу 3.3).

Таблица 3.3 – Оборудование, используемое при проведении эксперимента

№ п/п	Оборудование	Назначение	Описание
1	2	3	4
1	Линейка – 300 д ГОСТ 427-75 [149]	Определение масштаба моделирования	Визуальное определение измеряемых значений
2	Штангенциркуль ГОСТ 166-89 [150]	Измерение глубины просадки опоры	Визуальное измерение определяемых значений
3	Модель крана, изготовленная в масштабе 1:31,6	Определение усилия от опоры на грунт при разных значениях факторов	

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3	4
4	Кюветы с различными видами грунтов различной влажности	Определение просадки опоры в грунт с различными разновесами	Испытывалась просадка плоского штампа при различных значениях нагрузки
5	Муфельная печь (Лабораторный сушильный шкаф ШС-3)	Определение весовой влажности грунта по ГОСТ 5180-2015 [151]	Производилась сушка грунта при $t=105^{\circ}\text{C}$ для определения влажности грунта
6	Весы лабораторные ГОСТ Р 53228-2008 с точностью измерения 0,01 г [152]	Определение усилия от опоры на грунт при различных значениях факторов	Визуальное определение измеряемых значений по электронным показаниям
7	Разновесы	Нагружение модели крана для различных вылетов стрелы	Оценка усилий в опорах от веса поднимаемого груза
8	Гиря массой 100 г F1 ГОСТ OIML R 111-1-2009 [153]	Тарирование весов	Снижение погрешности проводимого эксперимента
9	Плоский штамп с различной опорной поверхностью	Изучение просадки опоры в грунт при различных значениях нагрузки	
10	Грузы	Нагружение штампа	Нагружение штампа различными грузами для измерения глубины просадки опоры
11	Уровень строительный УС1М-II ГОСТ 9416-83 [154]	Горизонтирование поверхности установки крана	Установка горизонтально поверхности для проведения эксперимента
12	Металлические бюксы для определения весовой влажности грунта	Определение весовой влажности грунта по ГОСТ 5180-2015 [151]	Производилась сушка грунта при $t=105^{\circ}\text{C}$ для определения влажности грунта

Выбор модели грунтов, соответствующих показателям слабонесущих грунтов в зависимости от числа ударов динамического плотномера конструкции ДорНИИ проведены по критерию Фруда (см. зависимость 3.5 [155]).

Масштаб моделирования числа ударов динамического плотномера конструкции ДорНИИ определяется как:

$$\frac{C \cdot \gamma}{l} = \text{const}, \quad (3.5)$$

где C – число ударов динамического плотномера конструкции ДорНИИ; γ – удельная масса грунта, $\gamma = 1,8 \text{ т/м}^3$; l – линейный размер рабочего органа, м.

Перейдя от параметров оригинала к параметрам модели (см. формулу 3.5) масштабный коэффициент числа C равен:

$$k_C = k_l = 31,6. \quad (3.6)$$

Исходя из сказанного методика проведения экспериментальных исследований, является двухэтапным процессом. На первом этапе проводилось определение распределения усилий под опорами кранового оборудования на модели, а на втором проводилась оценка величины проседания штампа в грунт в зависимости от прилагаемой нагрузки для крана существующей конструкции и с использованием предлагаемого способа обеспечения устойчивости.

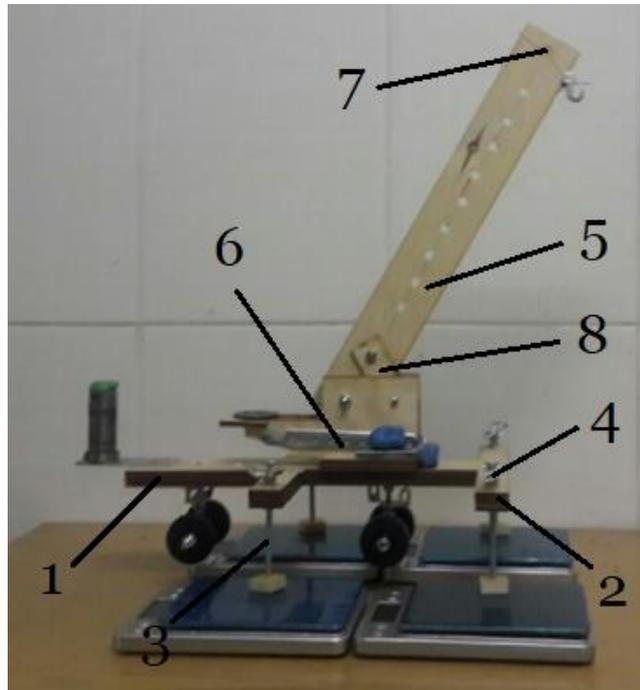
3.2.2 Создание экспериментальной установки.

Определение усилий под опорами

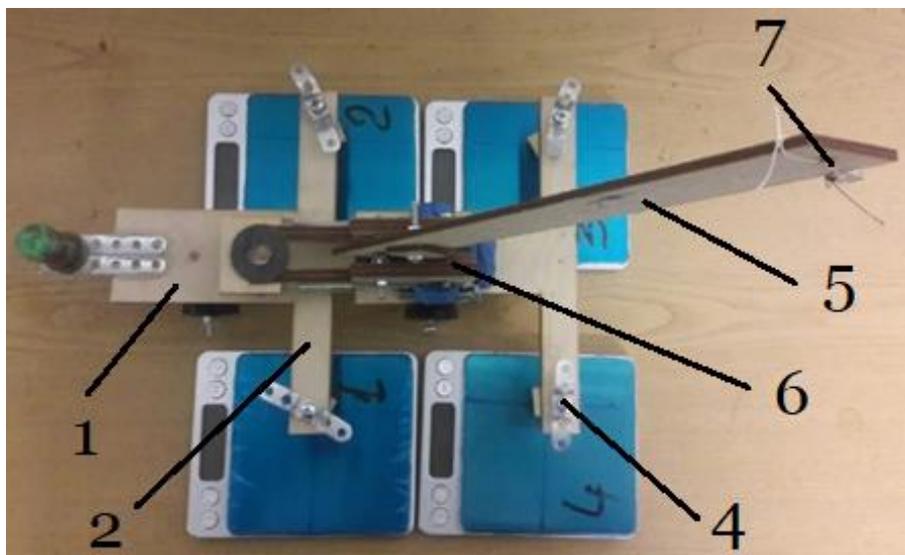
Эксперимент проводился в лаборатории кафедры «Наземные транспортно-технологические средства» (НТТС) Российского университета транспорта РУТ (МИИТ).

Экспериментальная установка (модель крана) выполнена (см. рисунок 3.3) в соответствии с выбранным масштабом моделирования. Она содержит раму (платформу) 1 для обеспечения требуемой жесткости выполненную сплошностенчатой. На раме расположены в перпендикулярном к ней направлении две поперечные балки 2 по концам которой размещены с соблюдением линейного масштаба четыре выносные опоры 3. Высота выноса опор регулируется гайками 4. Крановое оборудование (стрела 5) размещается на поворотном круге 6, и на не заземленном конце имеет кольцо 7 для крепления подвеса с грузом. Стрела 5 имеет

возможность поворота относительно вертикальной оси, обеспечивая исследуемый фактор $X_2(\beta)$ и изменения угла наклона к горизонту – фактор $X_1(\alpha)$ за счет наличия шарнира 8 [146], [147].



а)



б)

а) главный вид; б) вид сверху

Рисунке 3.4 – Экспериментальная установка (фото)

Масса поднимаемого груза регулировалась разновесами (см. рисунок 3.5), подобранными с высокой степенью точности и соответствующими массе моделируемого груза [147].



Рисунок 3.5 – Разновесы

Для обеспечения горизонтирования, кран устанавливался на горизонтально расположенной плите, уровень которой определялся при помощи прибора уровень строительный УС1М-II (см. рисунок 3.6) [147].



Рисунок 3.6 – Горизонтирование поверхности стола с помощью строительного уровня

На плите были выставлены весы с точностью измерения 0,01 грамм, показания которых предварительно обнулялись. Высокая точность показаний весов определена большим коэффициентом линейного моделирования. Для этого на их поверхности вертикальными и горизонтальными линиями предварительно были размечены точки приложения силы (места расположения аутригеров модели), которые позволяли получить желаемый результат (см. рисунок 3.7) [147].

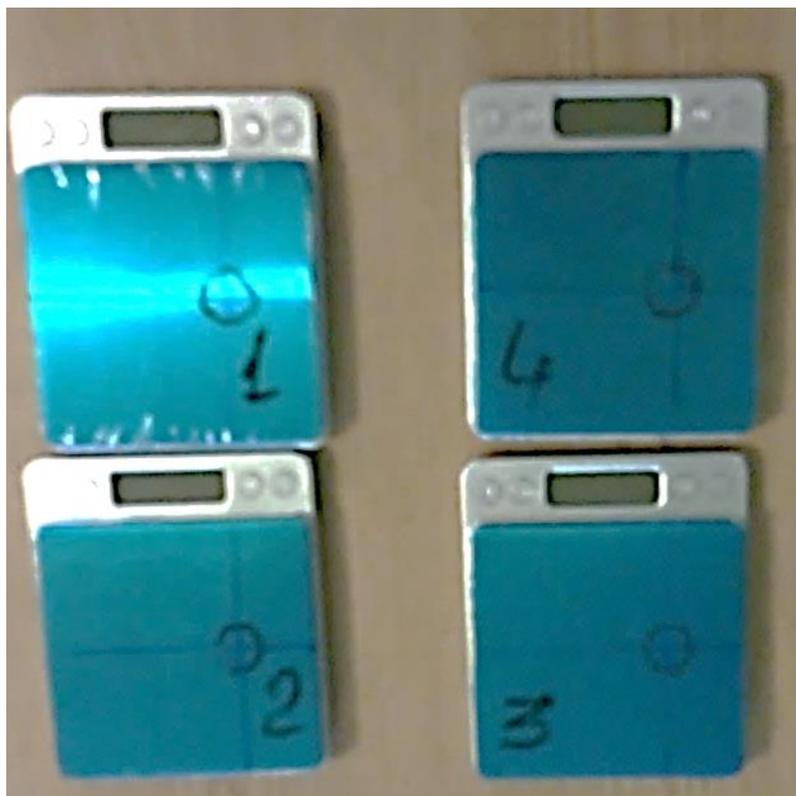


Рисунок 3.7 – Весы, с указанием места расположения аутригеров модели

Последовательность проведения этого этапа эксперимента соответствовала матрице планирования (таблица 3.1).

Для получения воспроизводимых данных по каждому опыту были проведены серии параллельных опытов (см. таблицу 3.1), число которых $k = 5$. Оценка воспроизводимости серии параллельных опытов проводится по критерию Кохрена [156]:

$$G_p = \frac{\max S_j^2}{\sum_{j=1}^N S_j^2} \leq [G], \quad (3.7)$$

где $\max S_j^2$ – максимальная из оценок дисперсий параллельной серии опытов, $[G]$ – критическое значение критерия Кохрена.

Оценка дисперсии S_j^2 для каждой серии параллельных опытов определяется по формуле:

$$S_j^2 = \frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k (y_{ji} - \bar{y}_j)^2, \quad (3.8)$$

где $\bar{y}_j = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k y_{ji}$ – среднее арифметическое значение функции отклика при $(j = 1, 2, \dots, k)$.

Оценка погрешности эксперимента проводится по формуле:

$$S_y^2 = \frac{\sum S_j^2}{N}. \quad (3.9)$$

Для оценки дисперсии среднего значения используется зависимость:

$$S_{\bar{y}}^2 = \frac{S_y^2}{k}. \quad (3.10)$$

Результаты проведения эксперимента представлены в табличном варианте (см. таблицу 3.4 и приложение Б).

Таблица 3.4 – Результаты проведения эксперимента

№ опыта	Факторы			$Y_1 (P_1), \text{ г}$	$Y_2 (P_2), \text{ г}$	$Y_3 (P_3), \text{ г}$	$Y_4 (P_4), \text{ г}$
	$X_1 (\beta), ^\circ$	$X_2 (\alpha), ^\circ$	$X_3 (G), \text{ г}$	Измер. величина	Измер. величина	Измер. величина	Измер. величина
1 опыт							
1	60°23′	90°	443,130	0,000	161,850	474,230	311,820
2	60°23′	90°	443,130	0,000	163,880	471,230	308,930
3	60°23′	90°	443,130	0,000	164,830	471,690	308,190
4	60°23′	90°	443,130	0,000	161,870	473,770	310,920
5	60°23′	90°	443,130	0,000	160,390	470,920	313,720

Воспроизводимость результатов экспериментальных исследований подтверждена по формуле (3.7) при доверительной вероятности 0,95; числе степеней свободы $f = k - 1 = 5 - 1 = 4$ и числе опытов $N = 8$ ($[G]_{\alpha=0,95; f=4; N=8} = 0,544$).

Средняя величина оценок дисперсий по оценке коэффициентов уравнения регрессии определяется по формуле:

$$S_y^2 = \frac{\sum S_i^2}{N}. \quad (3.11)$$

Среднеквадратическое отклонение величин экспериментальных данных определяется по формуле:

$$\sigma = \sqrt{S_y^2}. \quad (3.12)$$

Коэффициент вариации равен:

$$v = \frac{\sigma}{\bar{y}_i}, \quad (3.13)$$

где $\bar{y} = \frac{\sum y_i}{N}$ – среднее значение исследуемого параметра; y_i – i -е значение исследуемого параметра.

Величину относительной ошибки определяется по зависимости:

$$\varepsilon = \frac{y_{max} - \bar{y}}{y_{max}}. \quad (3.14)$$

Оценка результатов проведения эксперимента приведена в приложении Б.

Обработка результатов эксперимента представлена в виде регрессионной зависимости, которая для трехфакторного эксперимента имеет вид:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_3 \cdot X_3 + b_{12} \cdot X_1 \cdot X_2 + b_{13} \cdot X_1 \cdot X_3 + b_{23} \cdot X_2 \cdot X_3 + b_{123} \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \quad (3.15)$$

где b_0, b_1, \dots – коэффициенты уравнения регрессии.

Коэффициенты уравнения регрессии определяются по зависимостям [128]:

$$b_0 = \frac{\sum y_j}{N}, \quad (3.16)$$

$$b_i = \frac{\sum x_{1i} \cdot y_j}{N}, \quad (3.17)$$

$$b_{im} = \frac{\sum x_{ji} \cdot x_{jm} \cdot y_j}{N}, \quad (3.18)$$

где $i \neq m$.

Перед определением коэффициентов уравнения регрессии $b_0, b_1, b_2, \dots, b_{12}, \dots, b_{123}$ определяются погрешности эксперимента по следующему алгоритму:

- оценка однородных дисперсий:

$$S_y^2 = \frac{1}{N \cdot k} \sum_{i=1}^N S_j^2, \quad (3.19)$$

где N – число опытов по матрице планирования, $N = 8$ – при трехфакторном эксперименте; k – число параллельных опытов, $k = 5$; i и j число параллельных опытов и опытов N по матрице планирования, соответственно.

- значимость коэффициента определяется при помощи оценки дисперсии:

$$S_b^2 = \frac{S_y^2}{N}. \quad (3.20)$$

По определению считается, что коэффициент уравнения регрессии значим, если выполняется условие, приведенное ниже:

$$|b| \geq S_b [t], \quad (3.21)$$

где $[t]$ – критерий Стьюдента [126]. $[t]_{\alpha=0,95;f=7} = 2,36$ – при доверительной вероятности 0,95; числе степеней свободы $f = N - 1 = 8 - 1 = 7$.

Значения величин погрешностей и коэффициентов уравнения регрессии, полученные после расчетов, приведены в таблицах 3.5 и 3.6.

Все расчеты проводились в программе Microsoft Office Excel (см. приложение Б, таблицы Б.1 и Б.2.).

Таблица 3.5 – Величины погрешностей

Номер опоры	$\sum_{i=1}^N S_j^2$	S_y^2	$S_{\bar{y}}^2$	S_b	t	$S_b t$
1	12617,2	1577,15	39,43	6,28	2,36	14,82
2	2711,3	338,91	8,47	2,91	2,36	6,87
3	13681,8	1710,23	42,76	6,54	2,36	15,43
4	14950,85	1868,86	46,72	6,84	2,36	16,13

Таблица 3.6 - Коэффициенты уравнений регрессии

Номер опоры	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{23}	b_{13}	b_{123}
1	76,724	13,343	-65,434	54,242	-18,066	-65,532	19,442	-14,719
2	191,603	11,797	2,0738	-50,176	6,527	-1,7358	2,107	0,368
3	238,051	9,786	72,963	36,134	5,648	80,62	14,633	14,535
4	142,693	40,565	-9,699	107,721	5,808	-13,261	37,386	-0,497

По зависимости (3.21) были выявлены значимые коэффициенты уравнения регрессии (см. таблицу 3.7).

Таблица 3.7 – Значимые коэффициенты уравнений регрессии

Номер опоры	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{23}	b_{13}	b_{123}
1	76,724		-65,434	54,242	-18,066	-65,531	19,442	
2	191,603	11,797		-50,176				
3	238,051		72,963	36,134		80,62		
4	142,693	40,565		107,721			37,386	

Тогда уравнения регрессии, позволяющие оценить распределение усилий под опорами будут иметь вид, представленный в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Уравнения регрессии усилий в опорах крана

1	$P_1 = 76,7235 - 65,434 \cdot X_2 + 54,242 \cdot X_3 - 18,0655 \cdot X_1 \cdot X_2 - 65,5315 \cdot X_2 \cdot X_3 + 19,4415 \cdot X_1 \cdot X_3$
2	$P_2 = 191,6033 + 11,7973 \cdot X_1 - 50,1763 \cdot X_3$
3	$P_3 = 283,0505 + 72,9625 \cdot X_2 + 36,134 \cdot X_3 + 80,62 \cdot X_2 \cdot X_3$
4	$P_4 = 142,693 + 40,5645 \cdot X_1 + 107,721 \cdot X_3 + 37,3855 \cdot X_1 \cdot X_3$

Проверка адекватности полученных уравнений регрессии проводилась по критерию Фишера $[F]$ при доверительной вероятности 0,95, числе степеней свободы $f_1 = N - 1 = 7$ и $f_2 = N - B$ [156]. Здесь B – число значимых коэффициентов уравнения регрессии, включая свободный член (см. таблицу 3.9 и приложение Б, таблица Б.2).

Таблица 3.9 - Коэффициенты уравнений регрессии

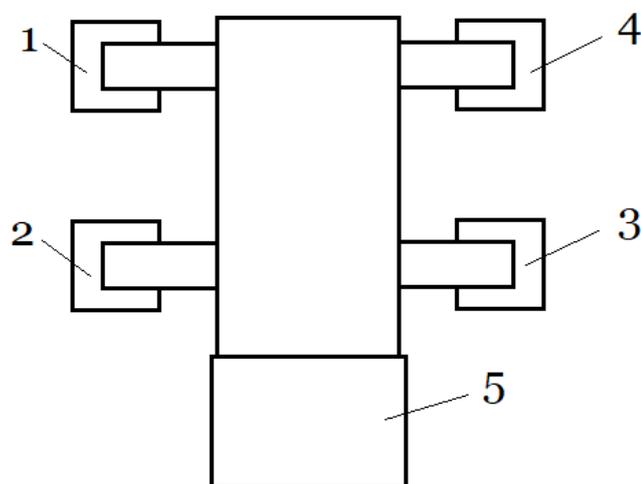
Номер опоры	B	N	f_1	f_2	$[F]$	F_p
1	6	8	7	2	19,35	19,03
2	3	8	7	5	4,88	2,61
3	4	8	7	4	6,09	4,71
4	4	8	7	4	6,09	5,96

Сравнение полученных уравнений регрессии с результатами теоретических исследований показали их адекватность с доверительной вероятностью 0,95.

3.2.3 Анализ уравнений регрессии

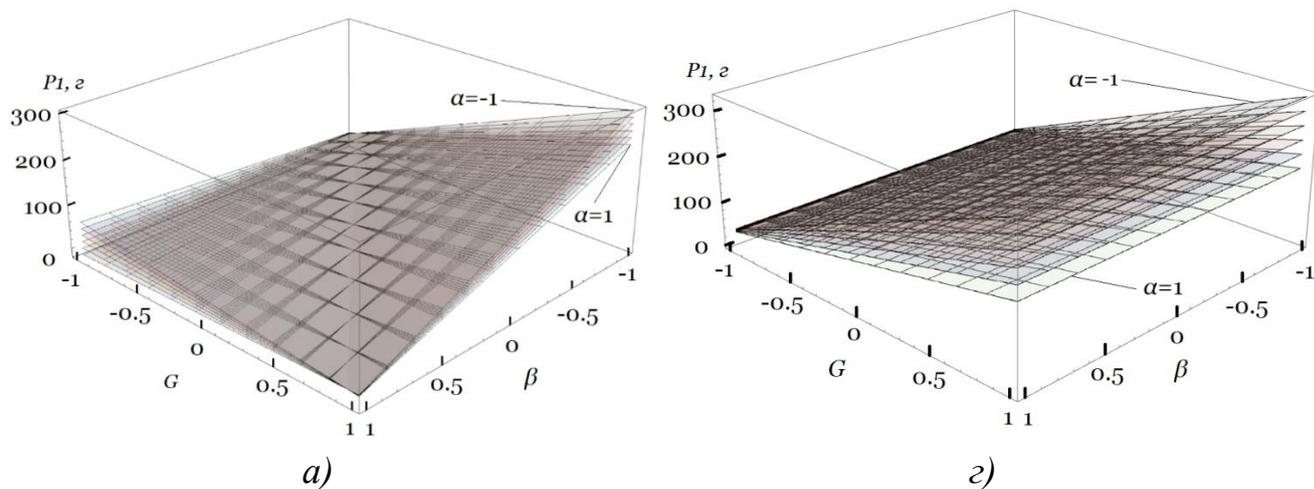
Проведен анализ уравнений регрессии, в результате которого построены графики изменения усилий под каждой опорой крана. Схема расположения опор крана показана на рисунке 3.8.

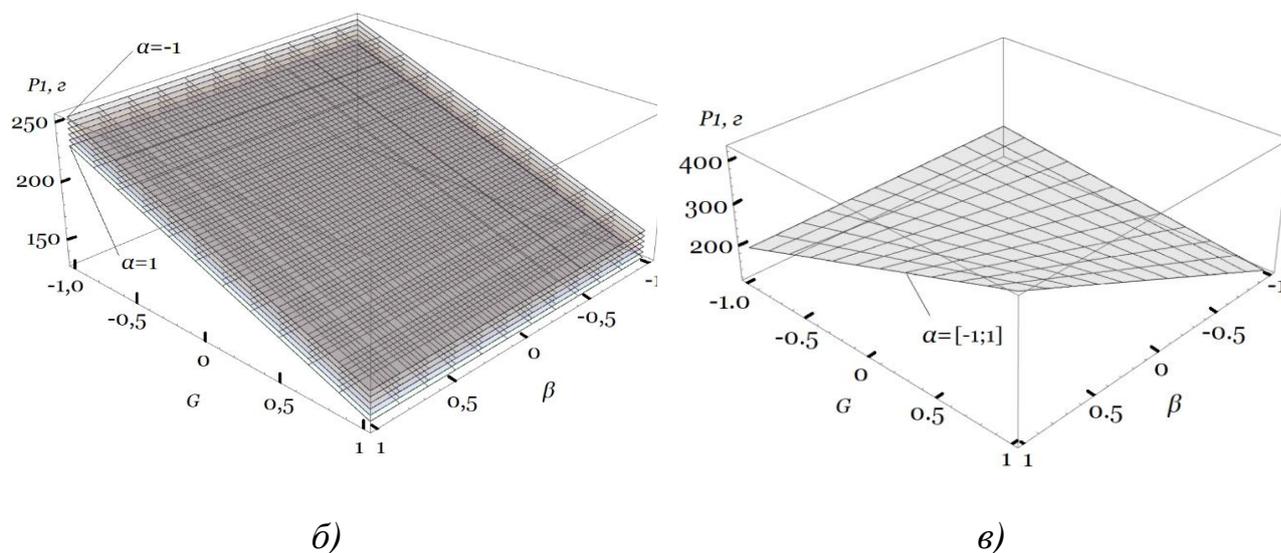
Для построения графиков изменения усилий под опорами в трехмерном пространстве один из факторов принимаем переменным, который изменяется от -1 до $+1$, например, фактор X_1 . Два других фактора изменяются в пределах своих границ. Полученная графическая интерпретация этого фактора представлена на рисунке 3.9 и в приложении В.



1-4 – опоры крана; 5 - кабина крана

Рисунок 3.8 – Расположение опор крана





a – 1-я опора; б – 2-я опора; в – 3-я опора; г – 4-я опора.

Рисунок 3.9 - Изменение усилия P в опорах в зависимости от угла отклонения β стрелы от оси, совпадающей с продольной осью крана (X_2), и массы поднимаемого груза G (X_3) при изменении угла наклона α стрелы к горизонту (вылет стрелы) (X_1) от -1 до 1

При анализе рисунка 3.9 выявлено, что усилия в первой и четвертой опорах достигают максимального значения при минимальных значениях угла α и максимальной величине G , причём в первой опоре при минимальном значении β , а в четвертой опоре изменение усилия не зависит от значения β . В опоре 2 – при минимальном значении G и минимальном значении угла α , при чём изменение величины не зависит от угла β . В 3-й опоре – при максимальном G и максимальном угле β , причём изменение величины не зависит от угла α .

При оценке рациональных значений изменяемых параметров для обеспечения равенства усилий величине D во всех опорах необходимо решить совместно вышеприведенные уравнения. Результатом решения будут найденные численные значения: $X_1 =$, $X_2 =$, $X_3 =$, $D =$.

3.3 Второй этап экспериментальных исследований

3.3.1 Определение усилий проседания грунта

При анализе уравнений регрессий выявлено, что для оценки величины погружения h опоры в грунт, необходимо ориентироваться на граничные изменения усилий под опорами [146]. Произведена оценка величины погружения плоского штампа в исследуемый грунт в зависимости от величины прикладываемой нагрузки, которая определена в подразделе 3.2. Размеры плоского штампа выбраны равными размерам опорной поверхности аутригеров, выполненных на модели. Учитывая сложность измерения величины проседания плоского штампа в грунт и для исключения погрешности этих измерений, на боковой поверхности штампа нанесена шкала линейных измерений (см. рисунок 3.15) [147].

Для получения точных результатов аутригеры были выполнены на 3D-принтере (см. рисунок 3.10).



Рисунок 3.10 – Аутригеры, изготовленные на 3D принтере

Для проведения эксперимента была подготовлена лабораторная установка, состоящая из: штатива 1 с установленным направляющим стержнем 2 на который нанесена шкала 3 для оценки уровня просадки штампа; направляющей втулки 4 с возможностью установки штампов различной площади; грузов 5 различной массы для нагружения штампа; кюветов 6 с грунтами, обладающими различными механическими характеристиками; ленты 7 для оценки эффективности предлагаемого устройства. (см. рисунок 3.11) [147].

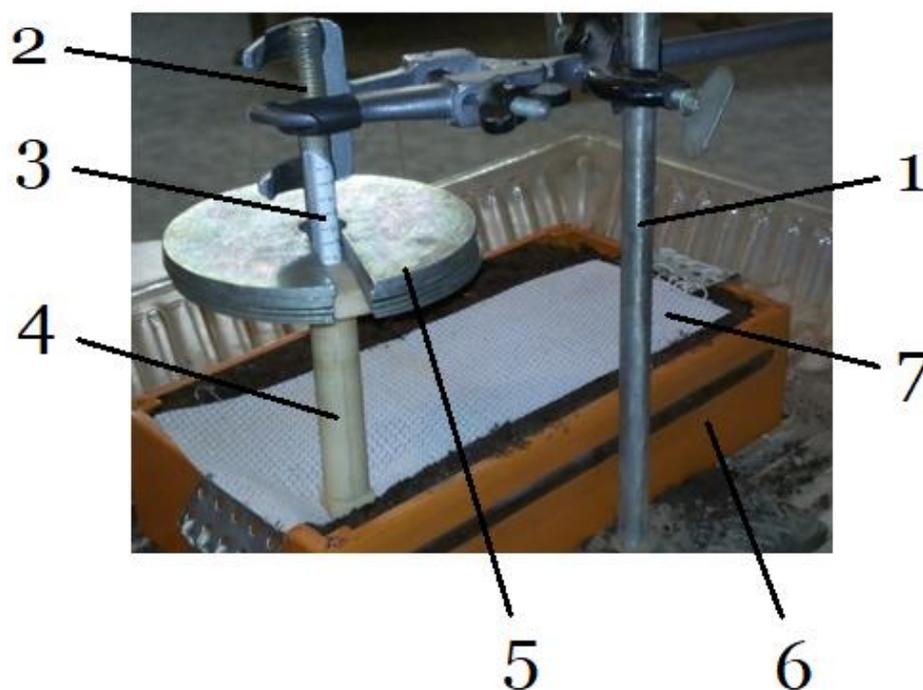


Рисунок 3.11 – Установка для определения глубины вдавливания штампа

На штативе была закреплена отцентрированная направляющая втулка (см. рисунок 3.12 – 3.13), изготовленная также на 3D-принтере, по внутреннему отверстию которой передавалось при помощи пригрузочных элементов (рисунок 3.14) вертикальное давление P имитирующее усилие, которое может воспринимать опора крана при различных комбинациях влияющих факторов [147].



Рисунок 3.12 – Процесс изготовления направляющей втулки на 3D-принтер MAGNUM CREATIVE 2 UNI



Рисунок 3.13 – Направляющая втулка

Учитывая необходимость точности измерения величины проседания штампа на направляющей с расположенным в нижней части элементом аутригера, была нанесена разметка линейного размера с точностью измерения 0,5 мм (см. рисунок 3.15). По внутреннему отверстию отцентрированной направляющей втулки при помощи пригрузочных элементов передавалось вертикальное давление P имитирующее усилие, которое может воспринимать опора крана при различных комбинациях исследуемых факторов. Во втором случае на исследуемые грунты накладывалась лента, при этом опора на ней располагалась для самого неблагоприятного случая нагружения (по краю ленты) [146], [147].

Весовая влажность грунта определялась по ГОСТ 5180-2015 [151]. Забор проб грунта производился в емкости для определения весовой влажности (см. рисунок 3.16).



Рисунок 3.14 - Грузы



Рисунок 3.15 – Приспособление для измерения погружения штампа



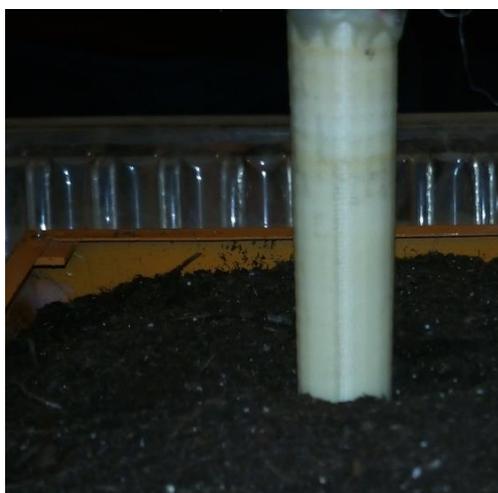
Рисунок 3.16 - Емкости для определения весовой влажности грунта

Исследования проседания штампа в грунт были проведены в сравнительном варианте для базовой модели крана и крана предлагаемой конструкции на запланированных типах грунтов (песок и супесь).

Наглядность проведения экспериментальных исследований приведена на рисунке 3.17.



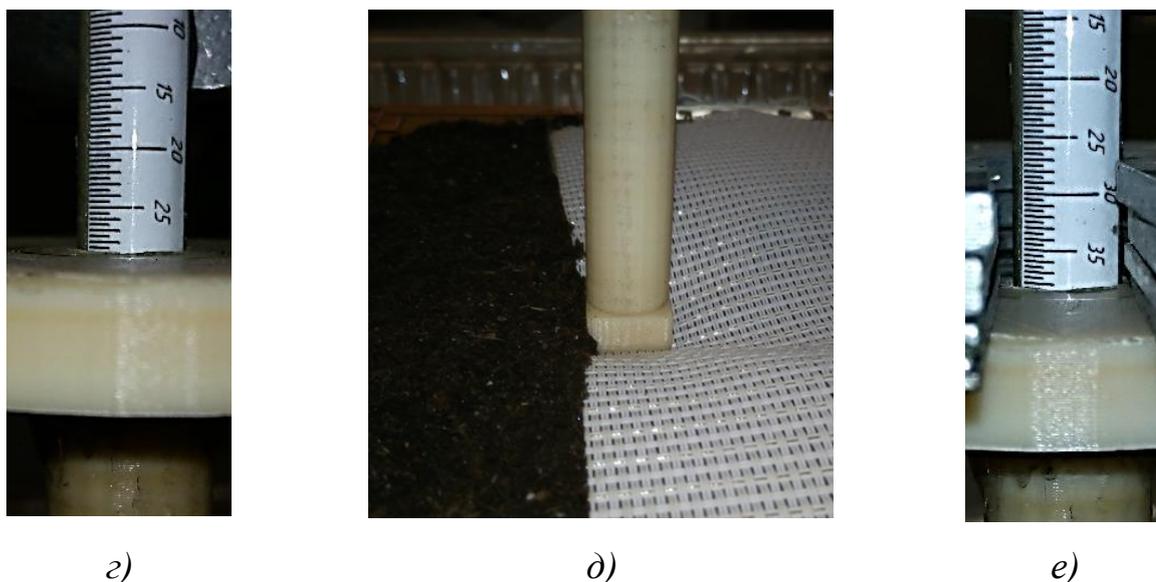
а)



б)



в)



а), б), в) – без ленты; г), д), е) – с лентой
Рисунок 3.17 – Исследование просадки опоры

Полученные значения (см. таблицу 3.10 и приложение В) позволяют оценить проседание выносных опор крана (аутригеров) в грунте.

Таблица 3.10 - Результаты экспериментальных исследований по определению глубины вдавливания плоского штампа в грунт от величины усилия P

Тип грунта	Вид рабочего оборудования	Усилие вдавливания, P , г					
		22,90	77,05	130,16	235,72	422,58	607,12
Песок сухой	До модерн.	0,50	1,00	1,50	2,20	4,30	7,85
	После модерн.	0,90	1,00	1,50	1,70	2,30	2,85
Супесь сухая	До модерн.	2,90	5,80	8,15	11,75	17,60	22,55
	После модерн.	0,60	2,05	3,70	5,55	8,55	10,90
Песок влажный	До модерн.	0,40	0,80	1,00	1,05	1,45	1,80
	После модерн.	0,20	0,45	0,65	0,70	1,20	1,45
Супесь влажная	До модерн.	2,40	3,70	5,00	7,65	12,30	17,05
	После модерн.	1,75	3,05	4,20	5,85	8,40	10,80

В таблице 3.10 вид рабочего оборудования «до модернизации» предполагает кран самоходный в базовом исполнении, а «после модернизации» – с подстилающей лентой. Результаты величины погружения в зависимости от прикладываемой нагрузки обработаны по методу наименьших квадратов с использованием программы Microsoft Excel. Формат линии тренда зависимости $h = f(P)$ дает наилучшие показатели при линейном распределении результатов экспериментальных исследований, о чем свидетельствует величина

среднеквадратического отклонения R^2 . Результаты обработки представлены в таблице 3.11 и приложении В.

Таблица 3.11 - Результаты обработки экспериментальных данных

№ п/п	Тип грунта	Вид рабочего оборудования	Эмпирическая зависимость $h = f(P)$	Среднеквадратическое отклонение R^2
1	Песок сухой	До модерн.	$h = 0,012 \cdot P - 0,0846$	0,941
2		После модерн.	$h = 0,0039 \cdot P + 0,624$	0,886
3	Супесь сухая	До модерн.	$h = 0,0352 \cdot P + 2,3076$	0,974
4		После модерн.	$h = 0,0179 \cdot P + 0,6502$	0,979
5	Песок влажный	До модерн.	$h = 0,0025 \cdot P + 0,3953$	0,865
6		После модерн.	$h = 0,0022 P + 0,1885$	0,945
7	Супесь влажная	До модерн.	$h = 0,0263 \cdot P + 1,2506$	0,989
8		После модерн.	$h = 0,0164 \cdot P + 1,3577$	0,963

Графическая интерпретация результатов представлена на рисунке 3.18.

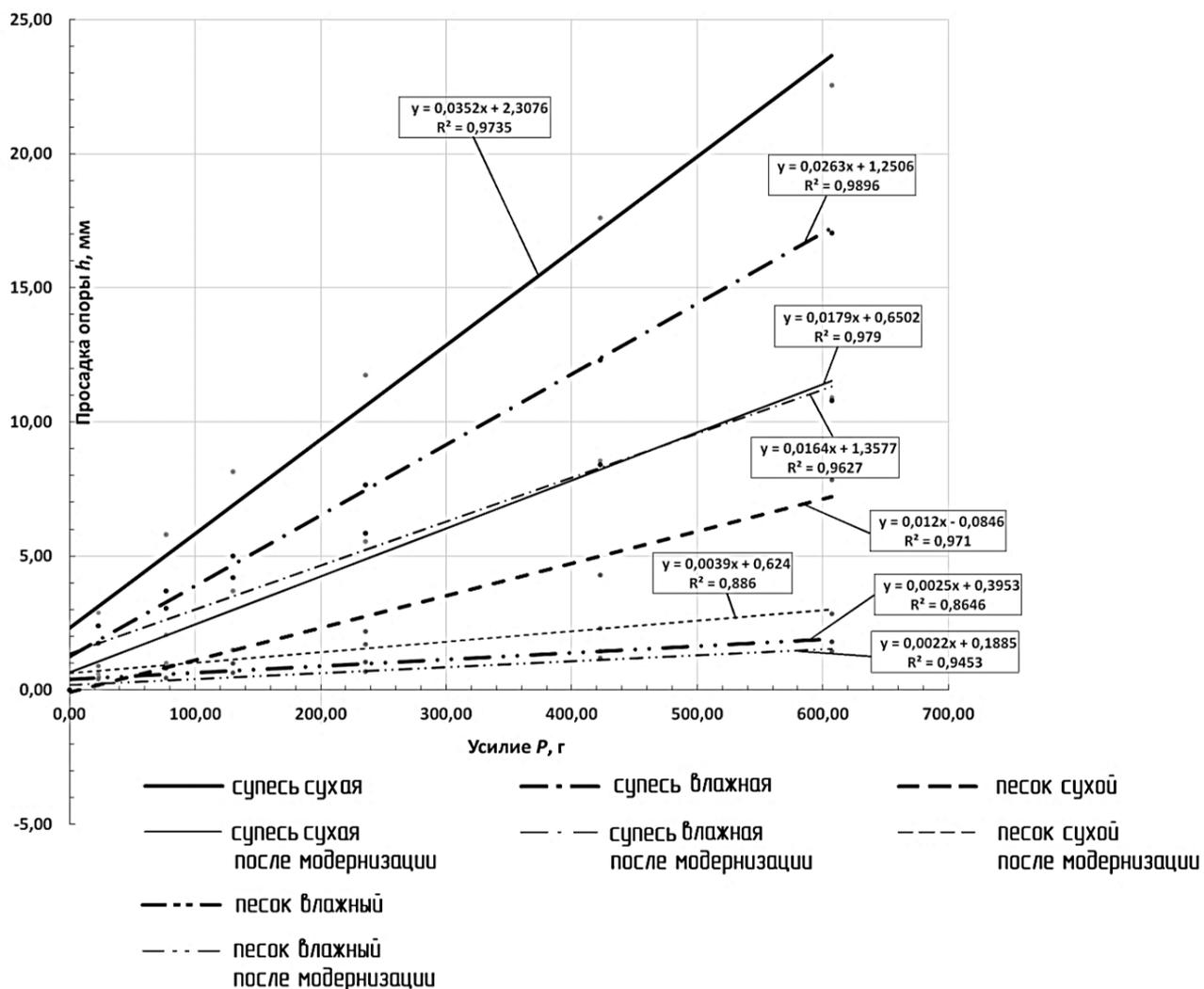


Рисунок 3.18 – Номограмма просадки штампа h в различные типы грунтов при изменении значений усилий вдавливания P

При анализе номограммы просадки штампа (см. рисунок 3.18) выявлено, что величина просадки аутригеров крана с применением способа обеспечения устойчивости при работе на неустойчивых грунтах ниже, чем у базовой модели независимо от типа грунта. Причем эта разница увеличивается с увеличением вдавливающей силы, что характерно для большегрузных кранов. Для кранов низкой грузоподъемности эта разница будет незначительна [146].

Результаты анализа приведены в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Результаты анализа просадки штампа в грунт в зависимости от типа грунта и грузоподъемности крана

Состояние оборудования	Показатели просадки штампа	Грузоподъемность, т							
		4,7				14			
		Песок		Супесь		Песок		Супесь	
		сухой	влажн.	сухая	влажн.	сухой	влажн.	сухая	влажн.
-до модерниз.	h, мм	1,7	0,8	7,5	5,2	5,2	1,5	17,9	12,9
-после модерниз.		1,2	0,5	3,3	3,8	2,4	1,2	8,6	8,6
Разница, мм		0,5	0,3	4,2	1,4	2,8	0,4	9,3	4,3

Из анализа таблицы 3.12 установлено, что применение предлагаемого модернизированного варианта в зависимости от типа грунта и его влажности является рациональным. Выявлено, что при изменении веса груза для условий проведенных исследований, эффективность применения предлагаемой модернизации увеличивается с 1,25 до 2,27 раз. Установлено, что при работе на влажном песке применять модернизированное оборудование нецелесообразно в силу адгезионных свойств влажного песка. В остальных случаях, применение при работе применяемого устройства целесообразно [146].

3.4 Выводы по третьему разделу

1 Предлагаемая двухэтапная методика проведения экспериментальных исследований позволила:

- разработать масштабную модель стрелового самоходного крана для определения распределения усилий под опорами в зависимости от углов поворота грузоподъемного оборудования в вертикальной и горизонтальной плоскостях, а также веса поднимаемого груза;
- определить качественно и количественно усилия под выносными опорами и их проседание в грунт в соответствии с планом эксперимента и в зависимости от прилагаемой нагрузки и типа выбранного грунта;
- определить несущую способность грунтов различного вида и состояния под крановыми опорами и выявить физическую картину распределения усилий под выносными опорами.

В процессе эксперимента были проведены:

- оценка изменения нагрузки на каждую опору, величина проседания выносных опор крана на грунтах различного состояния;
- анализ результатов экспериментальных исследований.

2 Эксперимент проводился на масштабной модели крана КС-3577-4-1 грузоподъемностью 14 т и длиной стрелы 8 м, выполненной с возможностью варьирования изменяемых параметров: угла наклона α стрелы к горизонту (вылет стрелы), угла поворота стрелы β и массы поднимаемого груза G . Линейный масштаб моделирования $k_l = 31,6$. Изменяемые параметры лежат в пределах допустимых отклонений от минимальной до максимальной величины. Выходные параметры (усилие давления на грунт P и величину проседания грунта под каждой опорой h) представлены функционалом вида: $P = f(\alpha, \beta, G)$.

3 Воспроизводимость каждого опыта оценивалась по критерию Кохрена при доверительной вероятности 0,95 для серии параллельных опытов, число которых $k = 5$. Уровень значимости коэффициентов уравнения регрессии оценивался по критерию Стьюдента при доверительной вероятности 0,95, числе степеней свободы $f = N - 1$, числе опытов $N = 8$. Проверку адекватности полученных уравнений регрессии проверяли по критерию Фишера при доверительной вероятности 0,95, числе степеней свободы $f_1 = 7$ и $f_2 = N - B$.

4 Установлено, что равновесие системы наступит при равенстве усилий во всех опорах. Это позволит получить их рациональные значения для обеспечения работы на слабонесущих грунтах. Анализ уравнений регрессий показал, что для оценки величины погружения h опоры в грунт, необходимо ориентироваться на граничные изменения усилий под опорами.

5 На втором этапе эксперимента, исследования по оценке проседания опоры в грунт были проведены в сравнительном варианте для базовой модели крана и крана предлагаемой конструкции на запланированных типах грунтов. Установлено, что результаты погружения опор модели крана в грунт в зависимости от прикладываемой нагрузки дает наилучшие показатели при линейном распределении графика функций, о чем свидетельствует величина среднеквадратического отклонения R^2 , стремящаяся к единице.

6 Очевидно, что величина просадки аутригеров модернизированного крана при работе на неустойчивых грунтах ниже, чем у базового варианта независимо от типа грунта. Причем эта разница увеличивается с увеличением вдавливающей силы, что характерно для большегрузных кранов. Для кранов низкой грузоподъемности эта разница будет несущественна.

7 Рациональность принятого решения изменяется в зависимости от веса поднимаемого груза. При увеличении веса для условий проведенных исследований, эффективность увеличивается:

- максимум в 2,16 раза при работе на сухом песчаном грунте и в 2,27 раза на сухой супеси;
- при работе на влажном песчаном грунте максимум в 1,6 раза и в 1,5 раза на влажной супеси.

В процессе исследований выявлено, что при работе на влажном песке применять модернизированное оборудование из-за малых просадок грунта нецелесообразно в силу адгезионных свойств влажного песка. В остальных случаях, применение данной модернизации при работе целесообразно.

4 ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Разработка рекомендаций по обеспечению работоспособности крановой конструкции при эксплуатации на слабонесущих грунтах

В 3 разделе (см. таблицы 3.8 и 3.11) были получены эмпирические зависимости в виде функционалов изменения усилий $P = f(\alpha, \beta, G)$ и глубины $h = f(P)$ вдавливания штампа в грунт.

Сравнивая эти зависимости для различных типов грунтов, определим величину просадки грунта в зависимости от усилий под каждой опорой при изменении веса поднимаемого груза, его положения в пространстве и типа грунта.

Данное сравнение приведем, например, для второй опоры крана на супеси влажного состояния после модернизации, для которой:

- опорное усилие равно (см. таблицу 3.8, строка 2):

$$P_2 = 191,6033 + 11,7973 \cdot X_1 - 50,1763 \cdot X_3; \quad (4.1)$$

- величина проседания равна (см. таблицу 3.11, строка 8):

$$h = 0,0164 \cdot P + 1,3577. \quad (4.2)$$

Тогда величина проседания опоры в зависимости от исследуемых параметров и типа грунта можно определить по зависимости:

$$h = 0,0164 \cdot (191,6033 + 11,7973 \cdot X_1 - 50,1763 \cdot X_3) + 1,3577. \quad (4.3)$$

Аналогичным образом можно получить зависимости для других типов грунтов (см. таблицу 4.1).

Предлагаемая методика проведения экспериментальных исследований позволяет получить зависимости, приведенные в таблице 4.1 для оценки целесообразности применения предлагаемого устройства при работе на различных типах грунтов в зависимости от их состава, веса поднимаемого груза и положения стрелы с целью выравнивания равномерности усилий под опорами.

Таблица 4.1 – Величина просадки опоры в грунт при изменении

Состояние оборудования	Номер опоры	Просадка h , мм
1	2	3
Песок сухой		
До модернизации	Опора 1	$h = 0,012(76,7235 - 65,434X_2 + 54,242X_3 - 18,0655X_1X_2 - 65,5315X_2X_3 + 19,4415X_1X_3) - 0,0846.$
После модернизации		$h = 0,0039(76,7235 - 65,434X_2 + 54,242X_3 - 18,0655X_1X_2 - 65,5315X_2X_3 + 19,4415X_1X_3) + 0,624.$
До модернизации	Опора 2	$h = 0,012(191,6033 + 11,7973X_1 - 50,1763X_3) - 0,0846.$
После модернизации		$h = 0,0039(191,6033 + 11,7973X_1 - 50,1763X_3) + 0,624.$
До модернизации	Опора 3	$h = 0,012(283,0505 + 72,9625X_2 + 36,134X_3 + 80,62X_2X_3) - 0,0846.$
После модернизации		$h = 0,0039(283,0505 + 72,9625X_2 + 36,134X_3 + 80,62X_2X_3) + 0,624.$
До модернизации	Опора 4	$h = 0,012(142,693 + 40,5645X_1 + 107,721X_3 + 37,3855X_1X_3) - 0,0846.$
После модернизации		$h = 0,0039(142,693 + 40,5645X_1 + 107,721X_3 + 37,3855X_1X_3) + 0,624.$
Супесь сухая		
До модернизации	Опора 1	$h = 0,0352(76,7235 - 65,434X_2 + 54,242X_3 - 18,0655X_1X_2 - 65,5315X_2X_3 + 19,4415X_1X_3) + 2,3076.$
После модернизации		$h = 0,0179(76,7235 - 65,434X_2 + 54,242X_3 - 18,0655X_1X_2 - 65,5315X_2X_3 + 19,4415X_1X_3) + 0,6502.$
До модернизации	Опора 2	$h = 0,0352(191,6033 + 11,7973X_1 - 50,1763X_3) + 2,3076.$
После модернизации		$h = 0,0179(191,6033 + 11,7973X_1 - 50,1763X_3) + 0,6502.$
До модернизации	Опора 3	$h = 0,0352(283,0505 + 72,9625X_2 + 36,134X_3 + 80,62X_2X_3) + 2,3076.$
После модернизации		$h = 0,0179(283,0505 + 72,9625X_2 + 36,134X_3 + 80,62X_2X_3) + 0,6502.$
До модернизации	Опора 4	$h = 0,0352(142,693 + 40,5645X_1 + 107,721X_3 + 37,3855X_1X_3) + 2,3076.$
После модернизации		$h = 0,0179(142,693 + 40,5645X_1 + 107,721X_3 + 37,3855X_1X_3) + 0,6502.$

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3
Песок влажный		
До модернизации	Опора 1	$h = 0,0025(76,7235 - 65,434X_2 + 54,242X_3 - 18,0655X_1X_2 - 65,5315X_2X_3 + 19,4415X_1X_3) + 0,3953.$
После модернизации		$h = 0,0022(76,7235 - 65,434X_2 + 54,242X_3 - 18,0655X_1X_2 - 65,5315X_2X_3 + 19,4415X_1X_3) + 0,1885.$
До модернизации	Опора 2	$h = 0,0025(191,6033 + 11,7973X_1 - 50,1763X_3) + 0,3953.$
После модернизации		$h = 0,0022(191,6033 + 11,7973X_1 - 50,1763X_3) + 0,1885.$
До модернизации	Опора 3	$h = 0,0025(283,0505 + 72,9625X_2 + 36,134X_3 + 80,62X_2X_3) + 0,3953.$
После модернизации		$h = 0,0022(283,0505 + 72,9625X_2 + 36,134X_3 + 80,62X_2X_3) + 0,1885.$
До модернизации	Опора 4	$h = 0,0025(142,693 + 40,5645X_1 + 107,721X_3 + 37,3855X_1X_3) + 0,3953.$
После модернизации		$h = 0,0022(142,693 + 40,5645X_1 + 107,721X_3 + 37,3855X_1X_3) + 0,1885.$
Супесь влажная		
До модернизации	Опора 1	$h = 0,0263(76,7235 - 65,434X_2 + 54,242X_3 - 18,0655X_1X_2 - 65,5315X_2X_3 + 19,4415X_1X_3) + 1,2506.$
После модернизации		$h = 0,0164(76,7235 - 65,434X_2 + 54,242X_3 - 18,0655X_1X_2 - 65,5315X_2X_3 + 19,4415X_1X_3) + 1,3577.$
До модернизации	Опора 2	$h = 0,0263(191,6033 + 11,7973X_1 - 50,1763X_3) + 1,2506.$
После модернизации		$h = 0,0164(191,6033 + 11,7973X_1 - 50,1763X_3) + 1,3577.$
До модернизации	Опора 3	$h = 0,0263(283,0505 + 72,9625X_2 + 36,134X_3 + 80,62X_2X_3) + 1,2506.$
После модернизации		$h = 0,0164(283,0505 + 72,9625X_2 + 36,134X_3 + 80,62X_2X_3) + 1,3577.$
До модернизации	Опора 4	$h = 0,0263(142,693 + 40,5645X_1 + 107,721X_3 + 37,3855X_1X_3) + 1,2506.$
После модернизации		$h = 0,0164(142,693 + 40,5645X_1 + 107,721X_3 + 37,3855X_1X_3) + 1,3577.$

4.2 Разработка рекомендаций по обеспечению выравнивания усилий под опорами

Для разработки условий выравнивания проседания грунта под опорами воспользуемся результатами, приведенными в таблице 4.1.

Для этого необходимо рассмотреть изменение величины h , для четырех опор в условиях обеспечения горизонтирования поверхности рамы крана. Другими словами необходимо решить систему четырех уравнений с четырьмя неизвестными с одинаковой левой частью, т.е. $h_1 = h_2 = h_3 = h_4$ для каждого типа грунта и разработать рекомендации эксплуатации крана для различных эксплуатационных условий. Таким образом, искомая зависимость будет иметь вид:

$$X_i = f(P). \quad (4.4)$$

Очевидно, что при условии равномерной просадки опор в грунт, давление на грунт каждой из опор, полученных по уравнениям регрессии (см. раздел 3, таблица 3.8) должно быть одинаковым, т.е. $P_1 = P_2 = P_3 = P_4$. Для определения параметров X_1 , X_2 и X_3 решим совместно систему уравнений в программном комплексе Mathcad Prime 4.0 при максимальных значениях параметров X_i . При решении системы уравнений приняты следующие обозначения: p – усилие в опоре крана $p = P_1 = P_2 = P_3 = P_4$; x – угол наклона α стрелы к горизонту (вылет стрелы); y – угол отклонения β стрелы от оси, совпадающей с продольной осью крана; z – масса поднимаемого груза G . Результаты вычислений представлены на рисунке 4.1.

В результате решения системы уравнений, полученных экспериментально, определены значения оптимальных параметров крана: $p = P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = 189,084$ Г, $x = \alpha = 49^\circ 4'$, $y = \beta = -6^\circ 36'$, $z = G = 112,385$ Г.

```

p:=0
x:=1
y:=1
z:=0
a(p,x,y,z):=76.7235-65.434*y+54.242*z-18.0655*x*y-65.5315*y*z+19.4415*x*z-p
b(p,x,y,z):=191.6033+11.7973*x-50.1763*z-p
c(p,x,y,z):=283.0505+72.9625*y+36.134*z+80.62*y*z-p
d(p,x,y,z):=142.693+40.5645*x+107.721*z+37.3855*x*z-p

a(p,x,y,z)=0
b(p,x,y,z)=0
c(p,x,y,z)=0
d(p,x,y,z)=0
v:=Find(p,x,y,z)

v=
[ 189.084
  0.564
 -1.147
  0.183 ]

```

Рисунок 4.1 – Решение системы уравнений регрессии

Для сопоставления результатов теоретических и экспериментальных исследований решим систему уравнений (2.28) из раздела 2 при условии равенства реакций в опорах крана $p = R_1 = R_2 = R_3 = R_4$. При решении системы уравнений приняты следующие обозначения f – реакция в 1 опоре крана $f = p$. Результаты вычислений представлены на рисунке 4.2.

```

p:=0          f:=0
x:=1
y:=1
z:=0
a(f,p,x,y,z):=f-p
b(f,p,x,y,z):=7645+433.6*sin(y)-f+z*(0.5-1.57*cos(x)*sin(y))-p
c(f,p,x,y,z):=f+3961.15+z*(0.018+1.57*cos(x)*sin(y)-1.928*cos(x)*cos(y))-443.6*sin(y)+531.87*cos(y)-p
d(f,p,x,y,z):=-f+z*(1.928*cos(x)*cos(y)+0.482)-531.87*cos(y)+3683.85-p
a(f,p,x,y,z)=0
b(f,p,x,y,z)=0
c(f,p,x,y,z)=0
d(f,p,x,y,z)=0
v:=Find(f,p,x,y,z)

v=
[ 4.473*10^3
  4.473*10^3
  0.439
  6.283
  2.601*10^3 ]

```

Рисунок 4.2 – Решение системы уравнений, полученных теоретически

В результате решения системы уравнений, полученных теоретически, с учетом масштаба моделирования, равного $k_l = 31,6$, определены значения

параметров крана: $f = p = R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 141,75$ г, $x = \alpha = 25^\circ 9'$, $y = \beta = -1^\circ 21'$, $z = G = 82,42$ г.

Зная величину усилий под опорами, определим проседание грунта для грунтов различного состояния по условиям эксперимента (см. таблицу 4.2) при $P_4 = 189,084$ г.

Величину проседания на оригинале определим с учетом коэффициента моделирования $k_l = 31,6$, т.е. $h_k = h \cdot 31,6$.

Таблица 4.2 – Изменения проседания грунта при условии равенства усилий под опорами на модели (экспериментально)

№ п/п	Тип грунта	Вид рабочего оборудования	Изменение параметров проседания опор $X_i = f(P)$	Величина проседания h , мм	
				на модели	на оригинале
1	Песок сухой	До модерн.	$h = 0,012 \cdot P - 0,0846$	2,183	69
		После модерн.	$h = 0,0039 \cdot P + 0,624$	1,361	43
2	Супесь сухая	До модерн.	$h = 0,0352 \cdot P + 2,3076$	8,963	283
		После модерн.	$h = 0,0179 \cdot P + 0,6502$	4,035	128
3	Песок влажный	До модерн.	$h = 0,0025 \cdot P + 0,3953$	0,868	27
		После модерн.	$h = 0,0022 P + 0,1885$	0,605	19
4	Супесь влажная	До модерн.	$h = 0,0263 \cdot P + 1,2506$	6,224	197
		После модерн.	$h = 0,0164 \cdot P + 1,3577$	4,459	141

Аналогичные расчеты проведем при значениях P , полученных аналитическим путем (см. таблица 4.3) при $P_4 = 141,75$ г.

Таблица 4.3 – Изменения проседания грунта при условии равенства усилий под опорами на модели (теоретически)

№ п/п	Тип грунта	Вид рабочего оборудования	Изменение параметров проседания опор $X_i = f(P)$	Величина проседания h , мм	
				на модели	на оригинале
1	Песок сухой	До модерн.	$h = 0,012 \cdot P - 0,0846$	1,616	51
		После модерн.	$h = 0,0039 \cdot P + 0,624$	1,177	37
2	Супесь сухая	До модерн.	$h = 0,0352 \cdot P + 2,3076$	7,297	231
		После модерн.	$h = 0,0179 \cdot P + 0,6502$	3,188	101
3	Песок влажный	До модерн.	$h = 0,0025 \cdot P + 0,3953$	0,749	24
		После модерн.	$h = 0,0022 P + 0,1885$	0,500	16
4	Супесь влажная	До модерн.	$h = 0,0263 \cdot P + 1,2506$	4,979	157
		После модерн.	$h = 0,0164 \cdot P + 1,3577$	3,682	116

Проведена оценка погрешности значений, полученных в результате эксперимента и теоретических.

Погрешность проведения проседания опоры в грунт на модели Δ_l была равна 0,5 мм. Погрешность весов Δ_G – 0,01 гр. Погрешность установки горизонта Δ_α – 0,5°.

Величина суммарной погрешности равна [129]:

$$\Delta_\Sigma = \sqrt{(\Delta_l)^2 + (\Delta_G)^2 + (\Delta_\alpha)^2} = \sqrt{(0,5)^2 + (0,01)^2 + (0,5)^2} = 0,707 \quad (4.5)$$

Сравним показатели таблиц 4.2 и 4.3 и сведем результаты в таблицу 4.4.

Таблица 4.4 – Оценка погрешности результатов теоретических и экспериментальных исследований

№ п/п	Тип грунта	Вид рабочего оборудования	Величина проседания h , мм		Относительная погрешность
			экспериментальные	теоретические	
1	Песок сухой	До модерн.	69	51	0,261
		После модерн.	43	37	0,140
2	Супесь сухая	До модерн.	283	231	0,184
		После модерн.	128	101	0,211
3	Песок влажный	До модерн.	27	24	0,111
		После модерн.	19	16	0,158
4	Супесь влажная	До модерн.	197	157	0,203
		После модерн.	141	116	0,177

Анализ таблицы 4.4 показывает, что величина погрешности экспериментальных и теоретических исследований не превышает величины суммарной ошибки при определении показаний приборов при проведении экспериментальных исследований на модели крана.

Следовательно, полученные зависимости, представленные на рисунке 3.18 возможно использовать в качестве номограммы для определения проседания грунта под опорами крана для грунтов различного состояния в зависимости от их физико-механических свойств.

4.3 Описание конструкции и принципа работы устройства обеспечения устойчивости стреловых самоходных кранов при работе на слабонесущих грунтах

Было установлено, что неравномерность проседания опор крановых механизмов при работе на слабонесущих грунтах ведет к возможному перекосу рамы с расположенной на ней поворотной платформой, что нарушает работу стрелового крана и ведет к нарушению его безопасной эксплуатации с возможной потерей устойчивости. Обеспечение устойчивой работы кранов достигается за счет увеличения площади опорной поверхности машины [103], что осуществляется установкой аутригеров. Для обеспечения горизонтирования на слабонесущих грунтах используют подкладные щиты под ходовую часть и (или) выносные опоры (аутригеры) [18]. Основными недостатками этого способа, являются потеря времени на установку щитов и низкая культура производства [157], [158].

В теории считается, что при давлении опоры на грунт, в нем возникают нормальные напряжения σ (МПа), которые определяются по зависимости [146]:

$$\sigma = \frac{N}{A}, \quad (4.6)$$

где N – вертикальная нагрузка на грунт, кН; A – площадь поперечного сечения образца, м².

Считается, что изменение напряжения в грунте по глубине изменяется ступенчато, причем каждая ступень выдерживается до прекращения деформации грунта, т.е. до стабилизации осадки [103]. Известно, что в песчаных грунтах стабилизация осадки происходит в течение нескольких минут, а в глинистых грунтах она может длиться несколько суток [157]. На проседание грунта существенное влияние оказывают пористость, температура, показатель консистенции грунтов и т.п. [135]. Однако эти положения справедливы в случае проседания грунта под статическими сооружениями, например, зданиями, башнями и т.п.

В основу предлагаемого устройства положена задача обеспечения горизонтирования поверхности при работе кранов на слабонесущих грунтах за счет изменения состояния поверхности.

Предлагаемое устройство обеспечения горизонтирования кранов на слабонесущих грунтах предполагает изменение состояния грунта и увеличение площади опорной поверхности под крановыми опорами и (или) ходовым оборудованием. Для этого на раме 5 крана с установленной на ней стрелой 4 (см. рисунок 4.3) спереди или сзади установлены кронштейны 8, в которых горизонтально размещается вал с барабаном 7. На барабане расположена гибкая лента 9, которая может быть выполнена в форме траков. Барабан свободно вращается на валу для разматывания и последующего опускания ленты [157], [158].

Нижняя часть ленты 9 имеет шарнирно-сочлененную с ней горизонтальную поверхность 10 (рисунок 4.4) длина которой должна быть не менее расстояния от линии сбегания ленты с барабана 7 до точки касания ходового оборудования 1 с поверхностью грунта [157], [158].

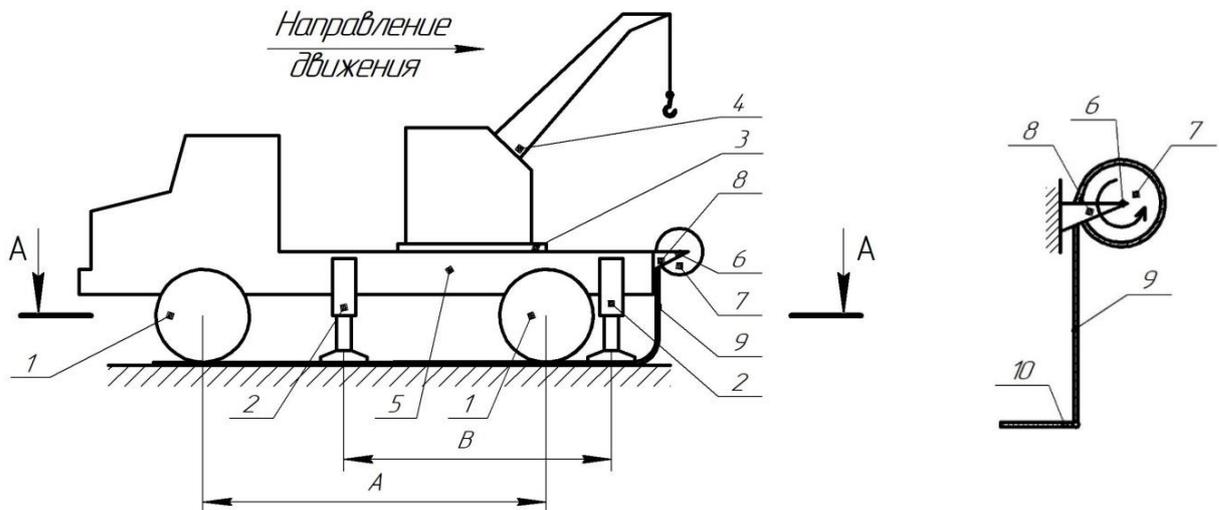


Рисунок 4.3 - Стреловой кран на колесном ходу

Рисунок 4.4 -
Устройство
обеспечения
устойчивости

Следует отметить, что общая длина ленты 9 должна быть не менее базы машины (рисунок 4.5). Барабан 7 с лентой 9 состоящий из двух частей и, располагающийся на оси 6 (рисунок 4.3) может перемещаться вдоль оси 6. Ширина

барабана 7 должна быть не менее расстояния между крайними внешними точками ходового оборудования 1 и выносных опор 2 (аутригеров) (рисунок 4.5) [157], [158].

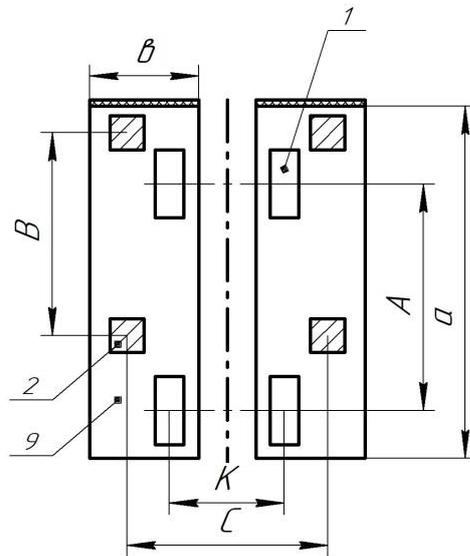


Рисунок 4.5 - Стреловой кран на колесном ходу (сечение А-А)

Однако такое конструктивное решение имеет определенные недостатки, так как значительно увеличиваются габариты машины из-за выноса оси. Для устранения этого недостатка барабан, расположенный на оси 6 предлагается выполнить из двух частей. При этом ширина барабана 7 должна быть не менее расстояния между крайними внешними точками ходового оборудования 1 и выносных опор 2 (аутригеров) (рисунок 4.5), что позволит снизить материалоемкость предлагаемого устройства. Для уменьшения габаритов машины ось 6 с барабаном 7 (рисунок 4.6), не выходящая за габариты машины, выполнена телескопической с возможностью увеличения крайних точек оси на расстояние, перекрывающее внешние точки выносных опор 2.

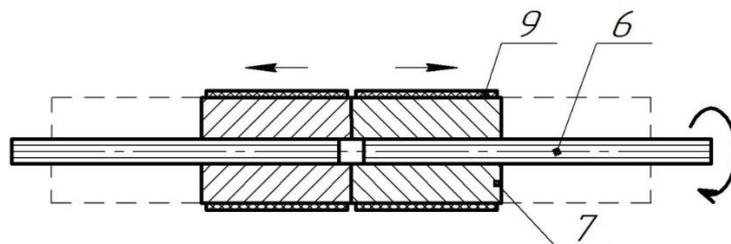
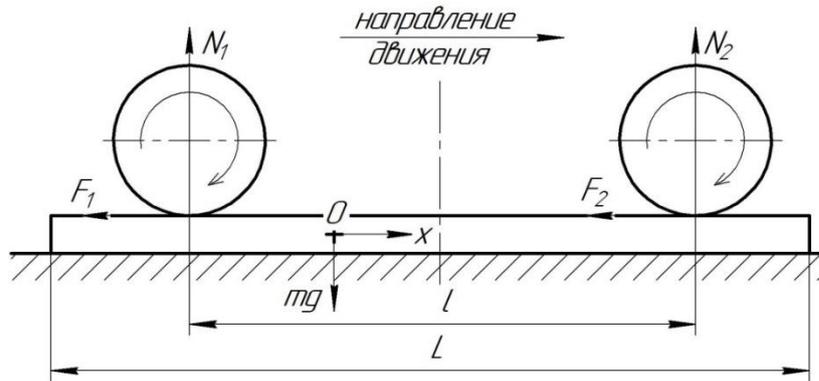


Рисунок 4.6 - Ось барабана с барабаном

Предлагаемое устройство работает следующим образом. После остановки крана, при помощи привода (условно не показан) приводится во вращение горизонтально установленная ось барабана 6 с лентой 9. Ось барабана, устанавливается в кронштейнах 8 спереди (сзади) машины. При вращении барабана 6 происходит опускание ленты 9 (рисунок 4.4), до момента контакта горизонтальной поверхности 10 с поверхностью грунта, которая соприкасается с колесом машины. После опускания ленты в указанное положение машина начинает движение вперед при расположении барабана спереди или назад при расположении барабана сзади, совершая наезд на ленту. За счет сил сцепления между колесами крана и лентой происходит ее разматывание. Движение крана производится до тех пор, пока ходовое оборудование 1 полностью не разместится на ленте 9 [157], [158].

Считается, что ширина ленты должна быть не менее расстояния от линии сбегания ленты с барабана 6 до точки касания ходового оборудования 1 с поверхностью грунта, причём общая длина ленты 9 не менее базы машины. После этого опускаются аутригеры 2, и располагаются на ленте 9. Предлагаемое устройство позволяет изменить состояние опорной поверхности и значительно увеличить ее площадь, что ведет к обеспечению горизонтирования машин на слабонесущих грунтах, а также позволяет автоматизировать процесс повышения устойчивости стрелового крана на слабонесущих грунтах за счёт укладки опорной поверхности под стреловой кран [157], [158].

Для оценки сцепления колес с лентой, обеспечивающего разматывание ее с барабана при наезде крана на ленту перед его остановкой для выполнения работ, рассмотрим изменение давления колеса на грунт, находившегося в состоянии движения. Для этого рассмотрим транспортное средство как связанную систему (см. рисунок 4.7) с инерциальной системой отсчета, расположенной в центре тяжести системы (точка O) в момент времени t [141, 159].



O – центр тяжести системы; mg – сила тяжести системы;
 N_1 и N_2 – давления на колёса; F_1 и F_2 – силы трения качения;
 l – колёсная база машины; L – длина ленты

Рисунок 4.7 - Схема транспортного средства в движении

Выберем направление оси x , совпадающей с направлением движения машины. При моделировании считаем, что ходовое оборудование располагается на ленте, которая перемещается со скоростью V . При этом оси колёс неподвижны, и совершают поступательное движение вместе с транспортным средством. Колеса вращаются с заданными угловыми скоростями вращения. Коэффициент трения качения между колесом и лентой – f . В этом случае на систему будут действовать силы нормального давления на колеса N_1 и N_2 и соответствующие силы трения качения F_1 и F_2 (см. рисунок 4.7) [157].

Очевидно, что:

$$N_1 + N_2 = mg . \quad (4.7)$$

Пусть в момент времени t транспортное средство находилось в равновесии, тогда из уравнения равновесия относительно точки O получено:

$$\sum M_0 = 0; \quad N_1 \cdot \left(\frac{l}{2} + x\right) = N_2 \cdot \left(\frac{l}{2} - x\right) . \quad (4.8)$$

Здесь x перемещение центра тяжести указанной системы в условиях заданного моделирования.

Из проекции на ось x , получим:

$$F = F_1 + F_2 = f \cdot m \cdot g = f \cdot (N_1 + N_2) . \quad (4.9)$$

Используя зависимость (4.7), выражение (4.8) имеет вид:

$$\begin{aligned} & \frac{N_1 \cdot l}{2} + N_1 \cdot x + \frac{N_2 \cdot l}{2} - N_2 \cdot x = \\ & = \frac{l}{2} \cdot (N_1 - N_2) + x \cdot (N_1 + N_2) = 0. \end{aligned}$$

Тогда:

$$\begin{aligned} (N_1 + N_2) &= \frac{(N_2 - N_1) \cdot l}{2 \cdot x}, \\ 2 \cdot x \cdot m \cdot g &= (N_2 - N_1) \cdot l. \end{aligned}$$

Используя зависимость о постоянстве количества движения для любой системы, получено:

$$m \frac{dV}{dt} = \frac{m \cdot g \cdot x}{l}.$$

Откуда:

$$m \cdot V \cdot \frac{dV}{dx} = m \cdot g \cdot x.$$

Разделив переменные получим:

$$\int m \cdot V \cdot dV = \int m \cdot g \cdot x \cdot dx. \quad (4.10)$$

Проинтегрировав выражение (4.10) получено:

$$\frac{m \cdot V^2}{2} + C_1 = \frac{m \cdot g \cdot x^2}{2} + C_2. \quad (4.11)$$

Используя начальные условия: при $x = 0$, $V = 0$, получено, что при $C_1 = C_2 = C$ выражение (4.11) будет иметь вид:

$$\frac{m \cdot V^2}{2} = \frac{m \cdot g \cdot x^2}{2}. \quad (4.12)$$

При $x = \frac{l}{2}$ выражение (4.12) будет иметь вид:

$$V^2 = \frac{g \cdot l^2}{4}. \quad (4.13)$$

Если в качестве начальных условий принять скорость перемещения машины $V = V_0$, получено:

$$x = \frac{V_0}{\sqrt{g \cdot l}}. \quad (4.14)$$

Полученное выражение позволяет выявить физическую природу неравномерности распределения давления под опорами ходового оборудования [18] для транспортного средства находящегося в процессе движения в произвольный момент времени t и оценить скорость наезда колеса на ленту, которая должна согласовываться со скоростью разматывания ленты с барабана [147].

Очевидно, что смещение центра тяжести от положения равновесия зависит от скорости перемещения транспортного средства и расстояния между опорами (колесами). При малых скоростях движения величина смещения будет стремиться к нулю, что обеспечит равномерность распределения нагрузки под опорами. При более высокой скорости необходимо изменять моменты инерции системы относительно положения центра тяжести. При остановке крана величина смещения будет равна нулю и распределение давления под опорами должно быть равномерным. Но учитывая инерционность системы даже при незначительной скорости, нагрузка под ходовым оборудованием при движении по слабонесущим грунтам будет смещаться в сторону, противоположную направлению движения, создавая заведомо нарушение горизонтирования платформы и, создавая тем самым неравномерность нагрузки под выносными опорами и нарушение устойчивости крана [157].

Предлагаемое техническое решение позволяет компенсировать неравномерность распределения нагрузки под опорами в момент установки крана и обеспечивает его устойчивую работу на слабонесущих грунтах за счет изменения состояния грунта.

4.4 Условия работы устройства обеспечения устойчивости стреловых самоходных кранов при работе на слабонесущих грунтах

Рассмотрим механизм работы устройства обеспечения устойчивости в статике, кинематике и динамике [141], [159], [160].

Введем условные обозначения параметров исследуемой системы:

$F_{\text{тр.к}} = m \cdot g \cdot f$, $F_{\text{тр.н}} = m_1 \cdot g \cdot f_1$ – силы трения колеса и ленты, соответственно, где m, m_1 – масса машины, распределенная на колесо и масса ленты, кг; g – ускорение свободного падения, м/с²; f – коэффициент трения качения колеса; f_1 – коэффициент трения скольжения настила; $T = \frac{N}{V} \cdot \eta$ – сила тяги, Н; N – мощность, Вт; V – скорость движения, м/с; η – КПД; P – натяжение в ленте в точке касания, Н; R, r – радиусы колеса и барабана, м; X – реакция в опоре между колесом и лентой, Н; l – расстояние от оси барабана до опорной поверхности, м; l' – расстояние от оси проходящей через точку сбегания ленты с барабана до точки контакта колеса с подкладочной поверхностью, м; M – точка контакта колеса с лентой.

Статическое равновесие позволяет провести оценку начальных условий натяжения ленты (см. рисунок 4.8).

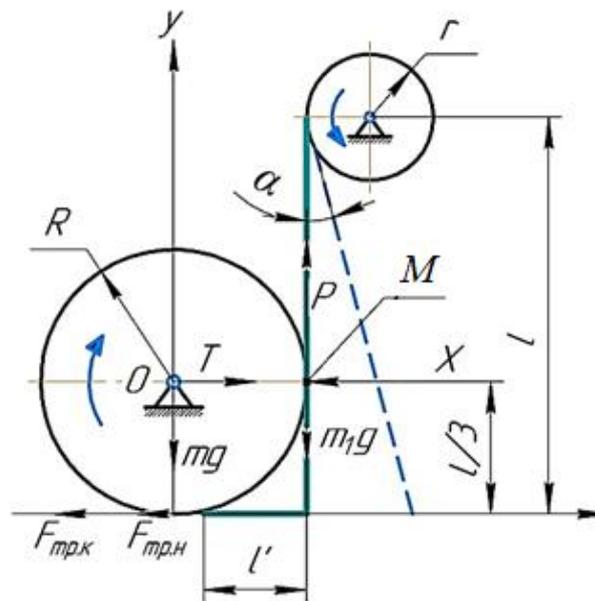


Рисунок 4.8 – Работа устройства в статике

Уравнения равновесия имеют вид:

$$\begin{cases} \sum F_x = -F_{\text{тр.к}} - F_{\text{тр.н}} - X + T = 0 \\ \sum M(O) = -F_{\text{тр.к}} \cdot R - F_{\text{тр.н}} \cdot R - m_1 \cdot g \cdot R + P \cdot R = 0 \end{cases} \quad (4.15)$$

Используя полученные выше значения определена реакция X и сила натяжения в ленте P :

$$\begin{aligned} X &= -F_{\text{тр.к}} - F_{\text{тр.н}} + T = \frac{N}{V} \cdot \eta - m \cdot g \cdot f - m_1 \cdot g \cdot f_1 = \\ &= \frac{N}{V} \cdot \eta - g \cdot (m \cdot f - m_1 \cdot f_1); \end{aligned} \quad (4.16)$$

$$P = m \cdot g \cdot f + m_1 \cdot g \cdot f_1 + m_1 \cdot g = g \cdot [m \cdot f + m_1 \cdot (f_1 + 1)]. \quad (4.17)$$

Из уравнения (4.16) выявлено, что для обеспечения нормальной работы установки необходимо, чтобы величина тягового усилия была не меньше суммарной силы трения качения колеса и скольжения ленты. В противном случае будет происходить «убегание» ленты перед ходовым оборудованием машины [161].

Исследование работы устройства в *режиме кинематики* позволяет определить соотношение между скоростью перемещения машины и скоростью сбегания ленты с барабана (рисунок 4.9).

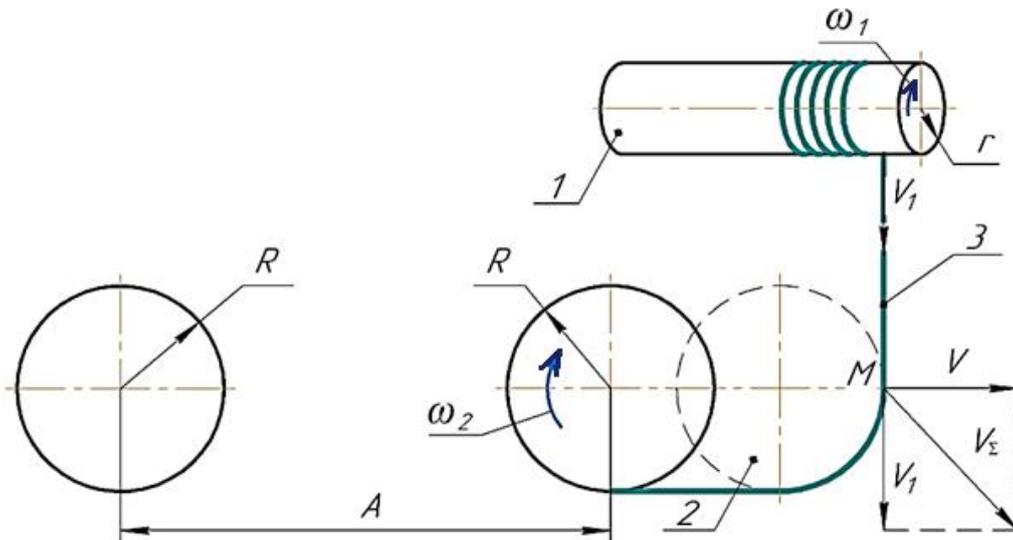


Рисунок 4.9 – Работа устройства в кинематике

Учитывая, что $\omega_1 = \frac{V_1}{r} = \frac{\omega_2 \cdot R}{r}$ – угловая скорость барабана, рад/с;

$\omega_2 = \frac{V_1}{R}$ – угловая скорость вращения колеса, рад/с.

Очевидно, что результирующая скорость перемещения ленты равна:

$$V_{\Sigma} = \sqrt{V^2 + V_1^2}, \quad (4.18)$$

где $V = \frac{\omega_2 \cdot R}{2}$, м/с; V_1 – скорость ленты, м/с. R – радиус колеса, м.

Пусть колесо прошло расстояние, равное $2\pi R$. Тогда поступательное движение в текущих координатах с использованием начальных условий возможно определить уравнением движения:

$$x = x_{t-T} - x_{t=0} = x_{t=T} = 2 \cdot \pi \cdot R. \quad (4.19)$$

Скорость точки М (рисунок 4.19), которая является скоростью движения машины определим по формуле:

$$V_M = \omega_2 \cdot R - V. \quad (4.20)$$

Ускорение движения машины определим из уравнения количества движения:

$$m \cdot V = t \cdot T, \quad (4.21)$$

где t – время разгона, с; T – тяговое усилие, Н.

$$t = \frac{m \cdot V}{T}. \quad (4.22)$$

Составим уравнение движения ленты [6]:

$$\left\{ y = C_1 \cdot \ln \frac{m^2 \cdot V_1^2}{2 \cdot T^2} + C_2 = 2 \cdot \pi \cdot R \quad (4.23) \right.$$

$$R \cdot \frac{m^2 \cdot V_1^2}{2 \cdot T^2} \cdot \dot{y} = C_1 \quad (4.24)$$

Откуда:

$$C_1 = V_1 \cdot \frac{m^2 \cdot V_1^2}{2 \cdot T^2} \cdot \dot{y} = \frac{m^2 \cdot V_1^3}{2 \cdot T^2} \quad (4.25)$$

Подставим выражение (4.25) в (4.23), получено C_2 :

$$-\frac{m^2 \cdot V_1^2}{2 \cdot T^2} \cdot \ln \frac{m^2 \cdot V_1^2}{2 \cdot T^2} + 2 \cdot \pi \cdot R = C_2 \quad (4.26)$$

Тогда перемещение по оси y определяется уравнением:

$$y = \frac{m^2 \cdot V_1^3}{2 \cdot T^2} \cdot \ln \frac{m^2 \cdot V_1^3}{2 \cdot T^2} - \frac{m^2 \cdot V_1^2}{2 \cdot T^2} \cdot \ln \frac{m^2 \cdot V_1^2}{2 \cdot T^2} + 2 \cdot \pi \cdot R. \quad (4.27)$$

Исследование работы устройства в динамическом режиме позволяет определить соотношение между угловыми скоростями барабана и колеса.

Поступательную скорость движения точки M на колесе определено из уравнения движения при перемещении на $2\pi R$:

$$\frac{\ddot{x} \cdot t^2}{2} + \dot{x} \cdot t = 2 \cdot \pi \cdot R \quad (4.28)$$

Введены начальные условия при перемещении системы на расстояние $2\pi R$:
при $t = \frac{m \cdot V}{T}$, величины перемещения, скорости и ускорения равны:

$$x = 2 \cdot \pi \cdot R, \dot{x} = V, \ddot{x} = 0 \quad (4.29)$$

Преобразовав выражение (4.28), получим:

$$\ddot{x} + \frac{2 \cdot \dot{x}}{t} = \frac{4 \cdot \pi \cdot R}{t^2}. \quad (4.30)$$

Частное решение уравнения, используя замену переменных, будет иметь вид:

$$\begin{aligned} \left(\frac{dx}{dt}\right)' + \frac{2x'}{t} = 0 \Rightarrow \\ \frac{dx'}{2x'} = \frac{dt}{t}. \end{aligned}$$

Откуда перемещение ленты по оси y в совокупности с вращением колеса будет иметь вид:

$$\begin{aligned} y = C_1 \cdot \ln \frac{t^2}{2} + C_2, \\ \frac{t^2}{2} \cdot y' = C_1. \end{aligned} \quad (4.31)$$

Найденное уравнение движения второго звена, которое имеет вид: $\varphi_2 = f(t)$, вращательное движение ленты 3 и усилие в точке M .

При $t = \frac{m \cdot V}{T}$ составлено дифференциальное уравнение вращения барабана 1 вокруг неподвижной оси [141], [159], [160].

Момент, приводящий в движение всю систему:

$$J_{x_2} \cdot \ddot{\varphi}_2 = M_{x_2}. \quad (4.32)$$

где $M_{x_2} = M - S_2 \cdot R$; $\ddot{\varphi}_2$ – угловое ускорение системы, рад/с²; J_{x_2} – момент инерции системы, кг·м²; M – момент на колесе, Н·м; S_2 – силы сопротивления на колесе, Н.

Тогда:

$$J_{x_2} \cdot \ddot{\varphi}_2 = M - S_2 \cdot R. \quad (4.33)$$

С другой стороны, из кинематики известно, что:

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{r}{R}, \text{ тогда } \frac{\dot{\varphi}_2}{\dot{\varphi}_1} = \frac{r}{R} \quad (4.34)$$

Очевидно, что:

$$\ddot{\varphi}_2 = \ddot{\varphi}_1 \cdot \frac{r}{R}. \quad (4.35)$$

Подставив (4.35) в (4.33) получено:

$$J_{x_2} \cdot \ddot{\varphi}_1 \cdot \frac{r}{R} = M - S_2 \cdot R. \quad (4.36)$$

Применив теорему об изменении количества движения для барабана 1, к которому подвешена лента:

$$\frac{dL_{x_1}}{dt} = M_{x_1}. \quad (4.37)$$

Кинетический момент системы 1-3 (барабан-лента) относительно оси колеса 2 равен:

$$L_{x_1} = J_{x_1} \cdot \omega_1 + m_3 \cdot V \cdot r. \quad (4.38)$$

где J_{x_1} – момент инерции ленты, кг·м²; $m_3 \cdot V \cdot r$ – момент количества движения ленты; m_3 – масса ленты, кг.

Очевидно, что скорость у барабана 1 и колеса 2 равны:

$$V = \omega_1 \cdot r = \omega_2 \cdot R. \quad (4.39)$$

Тогда кинетический момент относительно колеса будет равен:

$$L_{x_1} = J_{x_1} \cdot \omega_1 + m_3 \cdot \omega_1 \cdot r^2 = \omega_1 \cdot (J_{x_1} + m_3 \cdot r^2) \quad (4.40)$$

или

$$L_{x_1} = J_{x_1} \cdot \omega_1 + m_3 \cdot \omega_1 \cdot R \cdot r, \quad (4.41)$$

где $J_{x_1} + m_3 \cdot r^2$ – приведенный момент количества движения ленты;
 $J_{x_1} = J_{\text{пр.}x_1} \cdot \dot{\varphi}_1$.

С другой стороны, момент в системе 1-3 равен:

$$M_{x_1} = S_2 \cdot r - m_1 \cdot g \cdot (R - r) - M_c, \quad (4.42)$$

где $M_c = m \cdot g \cdot R \cdot f$ – момент препятствующий движению.

Продифференцировав выражение получено:

$$\frac{d}{dt}(J_{\text{пр.}x_1} \cdot \dot{\varphi}_1) = S_2 \cdot r - m_1 \cdot g \cdot (R - r) - M_c. \quad (4.43)$$

Получено:

$$J_{\text{пр.}x_1} \cdot \ddot{\varphi}_1 = S_2 \cdot r - m_1 \cdot g \cdot (R - r) - M_c. \quad (4.44)$$

Из выражения (4.36) получено:

$$\ddot{\varphi}_1 = \frac{(M - S_2 \cdot R) \cdot R}{J_{x_2} r}; \quad (4.45)$$

$$\dot{\varphi}_1 = \int \frac{(M - S_2 \cdot R) \cdot R}{J_{x_2} \cdot r} dt \quad (4.46)$$

$$\varphi_1 = \int \dot{\varphi}_1 dt. \quad (4.47)$$

Уравнение движения ленты имеет вид:

$$J_{x_1} \cdot \ddot{\varphi}_1 = S_1 \cdot r - P \cdot r - M_c. \quad (4.48)$$

Проведя замену усилий (см. рисунок 4.9), получено:

$$J_{x_1} \cdot \frac{(M - S_2 \cdot R) \cdot R}{J_{x_2} \cdot r} = S_1 \cdot r - P \cdot r - M_c. \quad (4.49)$$

Откуда усилие P будет равно:

$$P = -\frac{J_{x_1}}{J_{x_2}} \cdot \frac{(M - S_2 \cdot R) \cdot R}{r} + S_1 \cdot r - M_c \quad (4.50)$$

Проведенные исследования в статическом, кинематическом и динамическом режимах нагружения позволили определить соотношением скоростей движения крана и барабана, а также определить силу натяжения в ленте. Установлено, что сила натяжения в ленте зависит от соотношения радиуса барабана и радиуса колеса ходового оборудования [161].

Усовершенствованная конструкция стрелового самоходного крана является научно обоснованным решением задачи обеспечения устойчивости стреловых самоходных кранов при выполнении работ на слабонесущих грунтах.

4.5 Выводы по четвертому разделу

1 Исходя из условия обеспечения горизонтирования крана в процессе эксплуатации, получены величины допустимой нагрузки на опору для обеспечения равномерного проседания опор в грунт.

2 Зависимости, предлагаемые в таблице 4.1, рекомендуются для определения оценки проседания опор в грунт при любых положениях стрелы крана и грузоподъемности. Зависимости, приведенные в таблицах 4.2 и 4.3, предлагаются для использования на практике для исследуемых типов грунтов при оценке величины просадки грунта в зависимости от усилий под каждой опорой.

3 Подтверждено, что предлагаемая методика проведения экспериментальных исследований позволяет получить зависимости для оценки целесообразности применения предлагаемого устройства при работе на различных типах грунтов в зависимости от их состава, веса поднимаемого груза и положения стрелы с целью выравнивания величин усилий под опорами.

4 Величина погрешности экспериментальных и теоретических исследований не превышает величины суммарной ошибки при определении показаний приборов при проведении экспериментальных исследований на модели крана. Таким образом, полученные зависимости (рисунок 3.18, таблица 4.2. и таблица 4.3) возможно использовать в качестве номограммы для определения проседания грунта под опорами крана для грунтов различного состояния в зависимости от их физико-механических свойств.

5 На основании проведенных исследований предложено конструктивное решение устройства обеспечения устойчивости, в основу которого положена задача обеспечения горизонтирования поверхности при работе кранов на слабонесущих грунтах, которая предполагает увеличение площади опорной поверхности под крановыми опорами и (или) ходовым оборудованием за счет размещения под выносными опорами гибкой ленты, которая сматывается с барабанов, установленных спереди (сзади) на раме крана. Предусмотренное техническое решение барабанов позволяет уменьшить габариты машины с

располагаемым на нем заявляемым устройством обеспечения горизонтирования машин на слабонесущих грунтах в транспортном положении. Установлено, что применение устройства позволит снизить просадку опор крана более чем в два раза в зависимости от типа и влажности грунта. Предлагаемое изобретение позволяет автоматизировать процесс повышения устойчивости стрелового крана на слабонесущих грунтах за счёт укладки опорной поверхности под опоры стрелового крана.

6 Была выявлена физическая природа неравномерности распределения давления под опорами ходового оборудования для транспортного средства, находящегося в равновесии в произвольный момент времени t и оценена скорость наезда колеса на ленту, которая должна согласовываться со скоростью разматывания ленты с барабана в момент установки крана перед началом работ.

7 Проведенные исследования предлагаемого устройства горизонтирования стрелового самоходного крана при работе на слабонесущих грунтах в статическом, кинематическом и динамическом режимах нагружения позволили определить соотношением скоростей движения базовой машины и барабана, а также определить силу натяжения в ленте. Установлено, что сила натяжения в ленте зависит от соотношения радиуса барабана и радиуса колеса ходового оборудования. Исследование работы устройства в динамическом режиме позволили определить соотношение между угловыми скоростями барабана и колеса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1 Анализ состояния вопроса, проводимый по результатам статистики аварийности стреловых самоходных кранов, методам расчета устойчивости крановых конструкций, современным техническим решениям в области обеспечения их устойчивости и методикам проведения эксперимента позволил выявить:

- актуальность работы, определяемую числом аварий, сопровождаемых человеческими жертвами, которое для стреловых самоходных кранов на автомобильном и гусеничном ходовом оборудовании превышает аварийность башенных кранов на 7 %;
- дополнительные классификационные признаки обеспечения устойчивости самоходных кранов, связанные с работой на слабонесущих грунтах;
- необходимость уточнения отдельных теоретических положений для получения расчетных зависимостей, позволяющих регулировать работу самоходных кранов в процессе эксплуатации на слабонесущих грунтах;
- отсутствие четких рекомендаций по усовершенствованию стреловых самоходных кранов для обеспечения устойчивой работы на слабонесущих грунтах. Они направлены, в основном, на обеспечение безопасности и повышение надежности за счет обеспечения и контроля устойчивости от опрокидывания и повышение удобства эксплуатации и монтажа выносных опор за счет изменения их конструкции, что сопряжено с ее усложнением;
- что используемые методики проведения экспериментальных исследований при работе самоходного кранового оборудования, с учетом накладываемых ограничений, не в полной мере отражают изменение неравномерности просадки грунта под опорами в зависимости от веса поднимаемого груза, положения стрелы в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

2 При проведении теоретических исследований устойчивости самоходных кранов получены зависимости, позволяющие выбрать новое усовершенствование самоходного крана за счет увеличения опорной поверхности, обеспечивающей ее

изменение. Исследования изменения сжатия грунта под опорами проводимые с учетом энергетического состояния потенциала системы «опора-грунт» позволили доказать, что сжатие грунта под опорами по глубине происходит по закону показательной функции.

3 Разработанная методика трехфакторного эксперимента на модели крана КС-3577-4-1 с масштабом моделирования 31,6, проводимого в два этапа при доверительной вероятности 0,95 и проверкой результатов по критериям Кохрена, Стьюдента и Фишера позволила:

- установить неравномерность распределения усилий в зависимости от влияющих факторов (угол наклона α стрелы к горизонту (вылет стрелы), угла поворота стрелы β в вертикальной плоскости и массы поднимаемого груза G), что подтверждено теоретическими исследованиями; исследованиями, приведенными выше;
- получить уравнения регрессии изменения усилий под опорами крана для традиционного способа обеспечения устойчивости и предлагаемого. Установлено преимущество работы на слабонесущих грунтах крана предлагаемого способа обеспечения устойчивости перед традиционного до 2,27 раз в зависимости от типа грунта и его состояния.

4 Зависимости, предлагаемые для оценки погружения опор в грунт для различных типов грунтов были апробированы, при этом величина погрешности экспериментальных и теоретических исследований не превышает величины суммарной ошибки при определении показаний приборов при проведении экспериментальных исследований на модели крана. Следовательно, полученные зависимости, представленные на рисунке 3.18 возможно использовать в качестве номограммы для определения проседания грунта под опорами крана для грунтов различного состояния в зависимости от их физико-механических свойств.

5 Предложено конструктивное решение устройства обеспечения устойчивости, которое предполагает увеличение площади опорной поверхности под крановыми опорами и (или) ходовым оборудованием и изменение несущей

способности грунта за счет размещения под выносными опорами гибкой ленты, которая сматывается с барабанов, установленных спереди (сзади) на раме крана.

6 Была выявлена физическая природа неравномерности распределения давления под ходовым оборудованием для транспортного средства, находящегося в равновесии в произвольный момент времени t и оценена скорость наезда колеса на ленту, которая должна согласовываться со скоростью разматывания ленты с барабана в момент установки крана перед началом работ. Проведенные исследования предлагаемого устройства обеспечения устойчивости стрелового самоходного крана при работе на слабонесущих грунтах в статическом, кинематическом и динамическом режимах нагружения позволили определить соотношением скоростей движения базового тягача и барабана, определить силу натяжения в ленте. Установлено, что сила натяжения в ленте зависит от соотношения радиуса барабана и радиуса колеса ходового оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ежегодные отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору [Электронный ресурс] // РОСТЕХНАДЗОР 2013-2019. – Режим доступа: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/index.php?sphrase_id=1656336, свободный – (дата обращения: 01.10.2019).
2. Федеральный закон "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21.07.1997 N 116-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс] // 1997—2020 КонсультантПлюс. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234, свободный – (дата обращения: 12.01.2020).
3. Во дворе жилого дома в Житомире упал кран, повредив крышу электрощитовой [Электронный ресурс] // Zhitomir.INFO. – Режим доступа https://www.zhitomir.info/news_138323.html, свободный – (02.03.2019).
4. Фотофакт: на улице Интернациональной перевернулся автокран [Электронный ресурс] // Правда Гомель. – Режим доступа: <https://gp.by/category/news/crime/news117576.html>, свободный – (05.03.2019).
5. В Омске упал 60-тонный автокран [Электронный ресурс] // sibnovosti.ru. – Режим доступа: <https://sibnovosti.ru/incidents/84195-v-omske-upal-60-tonnyy-avtokran?class=search-list-element>, свободный – (09.03.2019).
6. В Благовещенске произошло ЧП на стройплощадке [Электронный ресурс] // ТЕЛЕПОРТ.РФ. – Режим доступа: <https://www.teleport2001.ru/press-sluzhba-mchs-po-amurskoy-oblasti/2011/11/01/1345.html>, свободный – (16.03.2019).
7. В Липецке накренился подъемный кран [Электронный ресурс] // Липецкмедиа. – Режим доступа: http://lipetskmedia.ru/m/news/view/55796-V_Lipyetskye_nakryenilsya.html, свободный – (16.03.2019).
8. Возле стройки в Минске перевернулся автокран [Электронный ресурс] // Еврорадио. – Режим доступа: <https://euroradio.fm/ru/voze-stroyki-v-minske-perevernulsya-avtokran-foto>, свободный – (16.03.2019).

9. На стройплощадке упал кран, погиб строитель [Электронный ресурс] // Оренбургские новости. – Режим доступа: <https://www.orinfo.ru/110759/na-stroiploshchadke-upal-kran-pogib-stroitel>, свободный – (17.03.2019).
10. В Кемерове рядом со школой упал автокран [Электронный ресурс] // Комсомольская правда. – Режим доступа: <https://www.kem.kp.ru/online/news/2512191>, свободный – (17.03.2019).
11. Стали известны подробности падения крана на детсад в Нижнем Новгороде [Электронный ресурс] // МК в Нижнем Новгороде. – Режим доступа: <https://nn.mk.ru/incident/2018/10/24/opublikovany-podrobnosti-padeniya-krana-na-detsad-v-nizhnem-novgorode.html>, свободный – (17.03.2019).
12. В Смоленске на стройке упал подъемный кран [Электронный ресурс] // SmolMotor.RU. – Режим доступа: <https://smolmotor.ru/news/region-news/v-smolenske-na-stroyke-upal-podemnyy-kran.html> /, свободный – (18.03.2019).
13. На стройке по ул. Октябрьской революции опрокинулся автомобильный кран [Электронный ресурс] // Виртуальный Брест. – Режим доступа: <https://virtualbrest.by/news36221.php>, свободный – (18.03.2019).
14. В Уфе опрокинулся автокран [Электронный ресурс] // Vertikalnet.ru. – Режим доступа: <https://vertikalnet.ru/novosti/novosti-rynka/novosti-kompaniy/detail.php?ID=14525>, свободный – (18.03.2019).
15. Котельников, В.С. Состояние расчетов кранов и основные направления их развития / В.С. Котельников, А.А. Зарецкий, А.Б. Макаров // Безопасность труда в промышленности. – 2007. – № 1(28). – С. 67-75.
16. Гуляев, Ф.А. К вопросам обеспечения устойчивости стреловых самоходных кранов при учете различных аспектов их эксплуатации. / Ф.А. Гуляев, Я.А. Батищев, Г.А. Емельянова, Е.В. Куликова // В сборнике: XXXI Международная инновационная конференция молодых ученых и студентов по проблемам машиноведения (МИКМУС - 2019). Сборник трудов конференции. – 2020. – С. 581-584.

17. Кифер, Л.Г. Грузоподъемные машины: учеб пособие для машиностроит. вузов / Л.Г. Кифер, И.И. Абрамович. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машгиз, 1956. – 486 с.
18. Александров, М.П. Грузоподъемные машины: Учебник для вузов по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» / М.П. Александров, Л.Н. Колобов, Н.А. Лобов и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 400 с.
19. Александров, М.П. Справочник по кранам: В 2 т., Т. 2. Характеристики и конструктивные схемы кранов. Крановые механизмы, их детали и узлы. Техническая эксплуатация кранов / М.П. Александров, М.М. Гохберг, А.А. Ковин, и др.; Под общ. ред. М.М. Гохберга. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1988. – 559 с.
20. Иванченко, Ф.К. Конструкция и расчет подъемно-транспортных машин / Ф.К. Иванченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Головное издательство издательского объединения «Выща школа», 1988. – 424 с.
21. ГОСТ 32579.1-2013 Краны грузоподъемные. Принципы формирования расчетных нагрузок и комбинаций нагрузок. Часть 1. Общие положения. – М.: Стандартинформ, 2015. – 31 с.
22. Краны стреловые самоходные. Нормы расчета устойчивости против опрокидывания: РД 22-145-85. – М.: ВНИИстройдормаш, 1986. – 30 с.
23. Методические указания по расчёту устойчивости стреловых самоходных кранов с телескопической стрелой: РД 36.22.17-08. – М.: ВКТИмонтажстроймеханизация, 2009. – 26 с.
24. Краны стреловые самоходные. Нормы расчёта устойчивости против опрокидывания: РД НИИКраностроения - 05-07. – М.: НИИКраностроения, 2007. – 29 с.
25. Шишков, Н.А. Пособие по техническому надзору за безопасной эксплуатацией грузоподъемных кранов / Н.А. Шишков. – М.: НПО ОБТ, 1993. – 350 с.

26. ГОСТ 32579.2-2013 Краны грузоподъемные. Принципы формирования расчетных нагрузок и комбинаций нагрузок. Часть 2. Краны стреловые самоходные. – М.: Стандартинформ, 2015. – 22 с.
27. ГОСТ Р 54769-2011 (ИСО 4304:1987) Краны грузоподъемные. Общие требования к устойчивости. – М.: Стандартинформ, 2012. – 9 с.
28. Редькин, А.В. Методы обеспечения устойчивости стреловых самоходных кранов при ненормируемых внешних воздействиях / А.В. Редькин, П.А. Сорокин // Строительные и дорожные машины. – 2016. – №9. – С. 16-19.
29. Редькин, А.В. Контроль дополнительных динамических нагрузок при управлении стреловым краном / А.В. Редькин, П.А. Сорокин // В сборнике: Наземные транспортно-технологические комплексы и средства. Материалы Международной научно-технической конференции. – 2015. – С. 296-300.
30. Редькин, А.В. Система контроля грузовой устойчивости мобильных грузоподъемных машин / А.В. Редькин, П.А. Сорокин // Строительные и дорожные машины. – 2017. – №8. – С. 35-37.
31. Зарецкий, А.А. Устойчивость свободностоящих кранов при обрыве груза / А.А. Зарецкий // Безопасность труда в промышленности. – 2002. – №2. – С. 24-27.
32. Зырянова, С.А. Методика автоматизированного построения математической модели стрелового грузоподъемного крана / С.А. Зырянова // Вестник СибАДИ. – 2014. – №2(36) . – С. 77-81.
33. Щербаков, В.С. Методика проверки положения грузоподъемного крана в пространстве конфигураций по ограничению на устойчивость / В.С. Щербаков, М.С. Корытов, Н.А. Камуз // Материалы 66-й Междунар. науч.-практ. конф. «Ориентированные фундаментальные и прикладные исследования – основа модернизации и инновационного развития архитектурно-строительного и дорожно-транспортного комплексов России». – 2012. – С. 408-412.
34. Чернов, А.В. Устойчивость стреловых самоходных кранов при выполнении рабочих операций: дис. ... канд. техн. наук: 05.12.13 / Чернов Александр Викторович.– Тула, 2011. – 125 с.

35. Чернов, А.В. Исследование механизма возникновения дополнительных опрокидывающих возмущений при повороте крана с грузом / А.В. Чернов // Строительные дорожные машины. – 2010. – №11. – С. 48-52.
36. Чернов, А.В. Расчет нагрузок на опоры крана с учетом характеристик упругости рамы, опорных элементов и груза / А.В. Чернов, П.А. Сорокин, А.В. Редькин // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2009. – №2-1. – С. 117-122.
37. Котельников, В.С. Оценка соответствия норм расчета грузоподъемных кранов для обеспечения из безопасной эксплуатации / В.С. Котельников, А.А. Зарецкий // Безопасность труда в промышленности. – 2007. – № 8. – С. 31-35.
38. ISO 8686-1:2012(en) Cranes — Design principles for loads and load combinations — Part 1: General. (ИСО 8686-1:2012 «Краны грузоподъемные. Принципы формирования нагрузок и комбинаций нагрузок. Часть 1: Основные положения») – 2012. – 49 p.
39. ISO 8686-2:2018(en) Cranes — Design principles for loads and load combinations — Part 2: Mobile cranes. (ИСО 8686-2:2018 «Краны грузоподъемные. Принципы формирования расчетных нагрузок и комбинаций нагрузок. Часть 2: Краны стреловые самоходные») – 2018. – 18 p.
40. ISO 8686-4:2005(en) Cranes — Design principles for loads and load combinations — Part 4: Jib cranes (ИСО 8686-4:2005 «Краны грузоподъемные. Принципы расчета нагрузок и комбинаций нагрузок. Часть 4: Консольные краны») – 2005. – 9 p.
41. Григорьев, П.А. Патентный анализ современных технических решений для обеспечения устойчивости крановых конструкций / П.А. Григорьев, Л.А. Сладкова // Строительные и дорожные машины. – 2020. – №7 – С.38-42.
42. Патент 2521504 Российская Федерация, МПК⁷ В 60 В 15/26. Устройство уменьшения уплотняющего воздействия транспортного средства на дороге / Г.Л. Багич; заявитель и патентообладатель Г.Л. Багич. – № 2013111653/11; заявл. 18.03.2013; опубл. 27.06.2014, Бюл. № 18. – 5 с.
43. Авторское свидетельство 237004 СССР, МКИ³ В 66 С 9/06. Ходовая часть грузоподъемного крана / В.М. Тушняков, С.А. Фиделев, А.И. Ямпольский

- (СССР). – № 1202804/27-11; заявл. 08.12.1967; опубл. 03.02.1969, Бюл. № 7. – 3 с.
44. Патент 2452683 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 13/18, В 66 С 23/88, В 66 С 15/00, В 66 С 23/90. Система безопасности строительных машин (варианты) / В.А. Коровин, К.В. Коровин; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственное предприятие "Резонанс". – № 2013111653/11; заявл. 13.08.2010; опубл. 10.06.2012, Бюл. № 16. – 13 с.
45. Патент 2268231 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 13/06. Способ контроля безопасной эксплуатации подъёмно-транспортных машин и устройство для его осуществления / Ю.И. Гудков, К.В. Тарасов; заявитель и патентообладатель ВКТИмонтажстроймеханизация Государственный конструкторско-технологический институт по механизации монтажных и специальных строительных работ. – № 2004114617/11; заявл. 14.05.2004; опубл. 20.01.2006, Бюл. № 02. – 7 с.
46. Патент 56887 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 13/18. Система безопасности грузоподъемного крана / М.И. Затравкин, А.В. Ерзутов, Л.С. Каминский, Д.М. Маш, И.А. Пятницкий, М.И. Спицын, И.Г. Федоров, А.П. Червяков; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственное предприятие "ЭГО". – № 2006122335/22; заявл. 23.06.2006; опубл. 27.09.2006. – 6 с.
47. Патент 2306255 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 23/88, В 66 С 13/18, В 66 С 15/00. Способ предотвращения аварий при работе грузоподъемного крана и устройство для его осуществления (варианты) / В.А. Коровин, К.В. Коровин; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственное предприятие "Резонанс". – № 2006101807/11; заявл. 23.01.2006; опубл. 20.09.2007, Бюл. № 26. – 19 с.
48. Патент 47341 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 13/18. Система безопасности гидравлического грузоподъемного крана / В.А. Коровин, К.В. Коровин; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной

- ответственностью "Научно-производственное предприятие "Резонанс". – № 2005104792/22; заявл. 21.02.2005; опубл. 27.08.2005. – 10 с.
49. Патент 2651371 Российская Федерация, МПК⁷ А 62 С 27/00, В 60 Р 1/54, В 66 С 23/78, В 66 С 23/88. Специализированный автомобиль со вспомогательной системой для позиционирования боковых наземных опор / ЭВЕРТ Юрген; заявитель и патентообладатель ИВЕКО МАГИРУС АГ. – № 2014118444; заявл. 06.05.2014; опубл. 19.04.2018, Бюл. № 11. – 14 с.
50. Патент 2162436 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 23/36, В 66 F 11/04. Подъемно-транспортная машина / В.И. Сысолятин, О.Л. Матвеев; заявитель и патентообладатель В.И. Сысолятин, О.Л. Матвеев. – № 2000112664/28; заявл. 23.05.2000; опубл. 27.01.2001. – 6 с.
51. Патент 94218 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 5/00. Устройство заземления и повышения устойчивости мобильной грузоподъемной машины с винтовыми опорами / В.С. Щербаков, М.С. Корытов, Н.А. Камуз; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)". – № 2009149566/22; заявл. 30.12.2009; опубл. 20.05.2010. – 5 с.
52. Патент 187891 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 23/78. Выносная опора грузоподъемной машины / В.С. Щербаков, И.С. Бычков; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)". – № 2018141497; заявл. 26.11.2018; опубл. 21.03.2019, Бюл. № 9. – 5 с.
53. Патент 93373 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 5/00, Н 01 R 4/66. Устройство заземления и повышения устойчивости мобильной грузоподъемной машины с гидравлическими опорами / В.С. Щербаков, М.С. Корытов, Н.А. Камуз; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Сибирская

- государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)". – № 2009149528/22; заявл. 29.12.2009; опубл. 27.04.2010. – 5 с.
54. Патент 165312 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 23/64. Выносная опора подъёмно-транспортной машины / И.А. Лагерев, В.Ф. Ковальский, Е.Н. Толкачев, Е.А. Шатунова, А. В. Лагерев; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского". – № 2016116467/11; заявл. 26.04.2016; опубл. 10.10.2016. – 6 с.
55. Патент 186456 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 23/78. Выносная опора мобильной грузоподъёмной машины/ А.В. Лагерев, И.А. Лагерев, И.О. Остроухов; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского". – № 2018136727; заявл. 17.10.2018; опубл. 21.01.2019, Бюл. № 3. – 17 с.
56. Авторское свидетельство 1002226 СССР, МКИ³ В 66 С 23/90. Устройство для защиты самоходного крана от опрокидывания / Ю.В. Бирюков, А.И. Наточанный, Л. В. Зайцев (СССР). – № 3323875; заявл. 24.07.1981; опубл. 07.03.1983, Бюл. № 9. – 2 с.
57. Авторское свидетельство 308164 СССР, МКИ³ Е 02 F 9/10. Выносная опора одноковшового экскаватора, крана и т.п. / Б.Л. Азимов, В.А. Белошицкий, И.Л. Беркман, Б.Д. Оренбойм, А.С. Перлов, А.В. Ранеев, Г.С. Скворцов (СССР). – № 1411657/29-14; заявл. 13.03.1970; опубл. 01.07.1971, Бюл. № 21. – 2 с.
58. Патент 2284940 Российская Федерация, МПК⁷ В 62 D 21/02, В 66 С 23/62, В 66 С 23/78. Ходовая рама транспортного средства / Н.И. Крылов; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-исследовательский институт стреловых кранов "НИИКраностроения". – № 2005103803/11; заявл. 14.02.2005; опубл. 10.10.2006, Бюл. № 28. – 4 с.

59. Патент 2342311 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 23/78, В 66 С 5/00. Устройство автоматического выравнивания самоходных подъемно-транспортных машин / А.В. Великанов, П.И. Иванищев, П.В. Танчук, Т.М. Хахимов; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Воронежское высшее военное авиационное инженерное училище (военный институт). – № 2007114665/11; заявл. 18.04.2007; опубл. 27.12.2008, Бюл. № 36. – 6 с.
60. Патент 94218 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 5/00, В 66 С 23/78. Устройство для выравнивания платформ аэродромных грузоподъемных механизмов / А.В. Великанов, И.В. Курганников; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил "Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина" (г. Воронеж) Министерства обороны Российской Федерации. – № 2014120860/11; заявл. 22.05.2014; опубл. 20.10.2015, Бюл. № 29. – 7 с.
61. Патент 2340543 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 5/00, В 66 С 23/78. Креново-тангажное отвесное устройство автоматического-выравнивания опорной платформы подъемных механизмов / А.В. Великанов, П.И. Иванищев, П.В. Танчук, В.А. Нилов; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Воронежское высшее военное авиационное инженерное училище (военный институт). – № 2007114657/11; заявл. 18.04.2007; опубл. 10.12.2008, Бюл. № 34. – 5 с.
62. Патент 2306254 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 23/00, В 66 С 23/78. Устройство для безопасной эксплуатации мобильного подъемника / Ю.И. Гудков, К.В. Тарасов; заявитель и патентообладатель ВКТИМонтажстроймеханизация Государственный конструкторско-технологический институт по механизации монтажных и специальных

- строительных работ. – № 2006108922/11; заявл. 22.03.2006; опубл. 20.09.2007, Бюл. № 26. – 7 с.
63. Патент 2367762 Российская Федерация, МПК⁷ E 21 В 7/02, В 66 F 7/20. Способ ориентации-установки несущей грузовой платформы и устройство для его осуществления / В.В. Артёмов, Н.С. Говоров, С.Н. Говоров, Ю.В. Молокин, В.Ф. Хрипченко, Д.А. Чурзин; заявитель и патентообладатель Н.С. Говоров. – № 2008100702/03; заявл. 17.01.2008; опубл. 20.09.2009, Бюл. № 26. – 12 с.
64. Патент 2349536 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 15/00, В 66 С 23/90. Способ управления грузовой устойчивостью мобильного грузоподъемного крана и устройство для его осуществления / П.А. Сорокин, А.В. Чернов, А.В. Редькин, А.В. Жильцов; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Тульский государственный университет (ТулГУ). – № 2007118310/11; заявл. 16.05.2007; опубл. 20.03.2009, Бюл. № 8. – 8 с.
65. Патент 2267458 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 23/90, G 01 М 1/12. Система контроля грузовой устойчивости мобильных грузоподъемных машин / П.А. Сорокин, А.В. Редькин, М.В. Козлов; заявитель и патентообладатель Тульский государственный университет. – № 2004113179/11; заявл. 28.04.2004; опубл. 10.01.2006, Бюл. № 01. – 8 с.
66. Авторское свидетельство 1735201 СССР, МКИ³ В 66 С 23/78. Аутригер для подъемно-транспортной машины / Б.А. Зеленов (СССР). – № 4813528; заявл. 10.04.1990; опубл. 23.05.1992, Бюл. № 49. – 5 с.
67. Авторское свидетельство 1342870 СССР, МКИ³ В 66 С 23/78. Опора грузоподъемной машины / Е.Р. Табачков, Е.В. Некозырев (СССР). – № 4069001; заявл. 19.05.1986; опубл. 07.10.1987, Бюл. № 37. – 3 с.
68. Авторское свидетельство 391242 СССР, МКИ³ E 02 F 9/02. Выносная опора строительных машин / А.А. Цуриков (СССР). – № 1721293/29-14; заявл. 06.10.1971; опубл. 25.07.1973, Бюл. № 31. – 2 с.
69. Патент 2307784 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 23/78. Устройство автоматического выравнивания в горизонтальной плоскости опорной

- платформы подъёмных механизмов / А.В. Великанов, П.В. Танчук, Ю.М. Пурусов, В.А. Нилов; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Воронежское высшее военное авиационное инженерное училище (военный институт). – № 2006111033/11; заявл. 05.04.2006; опубл. 10.10.2007, Бюл. № 28. – 6 с.
70. Патент 2556136 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 15/00, В 66 С 23/90. Устройство автоматического выравнивания грузоподъёмных механизмов / А.В. Великанов, И.В. Курганников; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил "Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина" (г. Воронеж) Министерства обороны Российской Федерации. – № 2014121126/11; заявл. 23.05.2014; опубл. 10.07.2015, Бюл. № 19. – 6 с.
71. Патент 2342310 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 5/00, В 66 С 23/78. Устройство автоматического выравнивания опорной платформы / А.В. Великанов, П.И. Иванищев, П.В. Танчук, В.А. Нилов; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Воронежское высшее военное авиационное инженерное училище (военный институт). – № 2007115362/11; заявл. 23.04.2007; опубл. 27.12.2008, Бюл. № 36. – 5 с.
72. Патент 2483018 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 23/88. Устройство выравнивания платформы подъёмных механизмов / А.В. Великанов, Н.А. Великанова, К.П. Летуновский, А.В. Тылик, С.В. Руденко; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное военное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Военный авиационный инженерный университет" (г. Воронеж) Министерства обороны Российской Федерации. – № 2011146382/11; заявл. 15.11.2011; опубл. 27.05.2013, Бюл. № 15. – 7 с.

73. Патент 2496710 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 F 7/20, Е 21 В 7/02, В 66 С 23/78. Способ пространственной ориентации-установки несущей грузовой платформы / В.В. Артёмов, Н.С. Говоров, С.Н. Говоров, А.В. Красноперов, Ю.В. Молокин, В.Ю. Савельев, Д.А. Чурзин; заявитель и патентообладатель Н.С. Говоров. – № 2011127561/11; заявл. 05.07.2011; опубл. 27.10.2013, Бюл. № 30. – 14 с.
74. Авторское свидетельство 189538 СССР, МКИ³ В 66 С 23/88, В 66 С 15/00, В 66 С 23/80. Устройство для удержания в горизонтальном положении платформы / В.М. Нагорнюк, В.И. Папазов (СССР). – № 1044858/27-11; заявл. 21.12.1965; опубл. 30.11.1966, Бюл. № 24. – 2 с.
75. Патент 2271988 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 23/78, В 66 С 23/80. Откидная опора мобильного антенно-мачтового устройства / В.Т. Пономарёв; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное унитарное предприятие "Нижегородский научно-исследовательский институт радиотехники". – № 2004119124/11; заявл. 24.06.2004; опубл. 20.03.2006, Бюл. № 8. – 7 с.
76. Патент 2124993 Российская Федерация, МПК⁷ В 60 S 9/02, В 66 С 23/78. Аутригер / В.Н. Акимов, В.Д. Апальков, Р.Д. Марданов, В.С. Мошкин, А.Б. Оконьский, А.Л. Сизов, И.Г. Тилипан; заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество "НК Уралтерминалмаш". – № 97113346/28; заявл. 04.08.1997; опубл. 20.01.1999. – 14 с.
77. Патент 2059566 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 23/78. Выносная опора грузоподъёмной машины / В.А. Молодцов, Е.П. Корзников, Ю.И. Гудков, А.С. Юпатов; заявитель и патентообладатель Государственный конструкторско-технологический институт по механизации монтажных и специальных строительных работ. – № 93018254/11; заявл. 08.04.1993; опубл. 10.05.1996. – 8 с.
78. Авторское свидетельство 1794880 СССР, МКИ³ В 66 С 23/78. Аутригер большегрузного транспортного средства / Б.А. Бычинский, С.М. Элоян,

- А.П. Асадчий (СССР). – № 4848959; заявл. 09.07.1990; опубл. 15.02.1993, Бюл. № 6. – 3 с.
79. Авторское свидетельство 1752716 СССР, МКИ³ В 66 С 23/78. Аутригер для подъемно-транспортного средства / М.Р. Закарян, В.А. Ильичев, М.Н. Соловьёв (СССР). – № 4833374; заявл. 30.05.1990; опубл. 07.08.1992, Бюл. № 29. – 3 с.
80. Авторское свидетельство 606804 СССР, МКИ³ В 66 С 23/78. Выносная опора грузоподъемной машины/ В.А. Пенчук, Р.К. Прилепский, А.В. Баранчиков, И.Г. Хайлов (СССР). – № 2421965; заявл. 18.11.1976; опубл. 15.05.1978, Бюл. № 18. – 2 с.
81. Патент 61699 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 23/78. Выносная опора землеройно-транспортной машины / С.А. Левченко, С.Н. Миркин, К.Д. Егоров; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО "Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова". – № 2006133490/22; заявл. 18.09.2006; опубл. 10.03.2007. – 4 с.
82. Авторское свидетельство 633793 СССР, МКИ³ В 66 С 23/80. Выносная опора грузоподъемной машины / В.А. Пенчук, А.В. Баранчиков (СССР). – № 2164558; заявл. 28.07.1975; опубл. 25.11.1978, Бюл. № 43. – 2 с.
83. Патент 2361806 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 23/78. Выносная опора подъемно-транспортного средства / В.Г. Сальников, В.А. Потапов, Ю.Е. Семёнов; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Тульский государственный университет (ТулГУ). – № 2008110303/11; заявл. 17.03.2008; опубл. 20.07.2009, Бюл. № 20. – 9 с.
84. Авторское свидетельство 1744049 СССР, МКИ³ В 66 С 23/78. Опорное устройство для самоходной грузоподъемной машины / В.С. Жарков, А.В. Гуляев, О.М. Толощук (СССР). – № 4828249; заявл. 23.05.1990; опубл. 30.06.1992, Бюл. № 24. – 5 с.
85. Патент 188455 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 23/78. Выносная опора грузоподъемной машины / В.С. Щербаков, И.С. Бычков; заявитель и

- патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)". – № 2018141499; заявл. 26.11.2018; опубл. 15.04.2019, Бюл. № 11. – 5 с.
86. Авторское свидетельство 492469 СССР, МКИ³ В 66 С 23/88, G 01 М 1/12. Устройство контроля устойчивости стрелового подъемного крана / М.Ф. Глушко, М.П. Никитинский, И.Ф. Пахомов, О.Ф. Курганский (СССР). – № 1873503; заявл. 02.02.1973; опубл. 25.11.1975, Бюл. № 43. – 3 с.
87. Патент 2245293 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 23/90. Способ моментной защиты крана с телескопической стрелой и устройство для его реализации / К.М. Мамаев, К.Б. Курбанмагомедов, Ш.О. Лачуев; заявитель и патентообладатель К.М. Мамаев. – № 2003110051/11; заявл. 09.04.2003; опубл. 27.01.2005, Бюл. № 3. – 12 с.
88. Патент 2245294 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 23/90. Способ моментной защиты стрелового крана по сигналам датчиков опор и устройство для его реализации / К.М. Мамаев, К.Б. Курбанмагомедов, Ш.О. Лачуев; заявитель и патентообладатель К.М. Мамаев. – № 2003110052/11; заявл. 09.04.2003; опубл. 27.01.2005, Бюл. № 3. – 13 с.
89. Патент 2597043 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 23/90. Способ и устройство для контроля устойчивости погрузочного крана, установленного на транспортном средстве / ЦИНКЕ Томас; заявитель и патентообладатель ПАЛФИНГЕР АГ. – № 2013149870/11; заявл. 05.04.2012; опубл. 10.09.2016, Бюл. № 25. – 17 с.
90. Патент 2335451 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 13/18, В 66 С 15/00, В 66 С 23/88. Система защиты грузоподъемного крана (варианты) / В.А. Коровин, К.В. Коровин; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственное предприятие "Резонанс". – № 2006143118/11; заявл. 05.12.2006; опубл. 10.10.2008, Бюл. № 28. – 15 с.
91. Патент 2325317 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 13/18. Способ управления грузоподъемным краном и устройство для его осуществления /

- М.И. Затравкин, Л.С. Каминский, Д.М. Маш, И.А. Пятницкий, И.Г. Федоров, А.П. Червяков; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственное предприятие "ЭГО". – № 2006134885/11; заявл. 10.03.2006; опубл. 27.05.2008, Бюл. № 15. – 14 с.
92. Патент 2316467 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 23/88, В 66 С 13/18. Система защиты для грузоподъемного крана / А.В. Ерзутов, А.А. Зарецкий, М.И. Затравкин, Л.С. Каминский, Д.М. Маш, И.А. Пятницкий, И.Г. Федоров, А.П. Червяков; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственное предприятие "ЭГО". – № 2006112238/11; заявл. 13.04.2006; опубл. 10.02.2008, Бюл. № 4. – 9 с.
93. Авторское свидетельство 922041 СССР, МКИ³ В 66 С 9/16. Устройство для устранения перекоса опор крана / Р.П. Герасимьяк, В.А. Ковригин, В.И. Латышенко, В.С. Койчев (СССР). – № 2923820; заявл. 12.05.1980; опубл. 23.04.1982, Бюл. № 15. – 2 с.
94. Заявка 2002104443 Российская Федерация, МПК⁶ В 66 С 23/00. Способ управления устойчивостью мобильных грузоподъемных средств / Я.С. Ватулин, В.И. Ануфриев, П.И. Стеценко, Ю.Н. Кузмичёв, М.В. Козлов; заявитель Тульский государственный университет – № 2002104443/28; заявл. 18.02.2002; опубл. 20.10.2003.
95. Авторское свидетельство 1207997 СССР, МКИ³ В 66 С 23/78, Е 02 F 9/08. Выносная опора грузоподъемной машины / Ф.П. Мазур, В.Р. Борисенко, П.В. Хасилев, Е.С. Галактионов (СССР). – № 3692492; заявл. 13.01.1984; опубл. 30.01.1986, Бюл. № 4. – 3 с.
96. Авторское свидетельство 1425169 СССР, МКИ³ В 66 С 23/78. Выносная опора грузоподъемной машины / А.Д. Шахов (СССР). – № 4159678; заявл. 11.10.1986; опубл. 23.09.1988, Бюл. № 35. – 2 с.
97. Патент 2175947 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 23/78, В 60 S 8/02. Выносной аутригер / В.Д. Апальков, В.И. Заболотнов, Р.Д. Марданов, В.С. Мошкин, А.Б. Оконьский, А.В. Шабриков; заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество

- "Национальная компания Уралтерминалмаш". – № 2000106395/28; заявл. 14.03.2000; опубл. 20.11.2001. – 9 с.
98. Патент 2150424 Российская Федерация, МПК⁷ В 66 С 23/78. Выносная опора грузоподъемной машины / А.Я. Логвиненко, Н.В. Бурдковский; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество "Юргинский машиностроительный завод". – № 99113206/28; заявл. 21.06.1999; опубл. 10.06.2000. – 5 с.
99. Авторское свидетельство 1418284 СССР, МКИ³ В 66 С 23/78. Выносная опора грузоподъемной машины / Е.С. Галактионов, В.Ф. Гросу, Я.В. Донской (СССР). – № 4215578; заявл. 16.02.1987; опубл. 23.08.1988, Бюл. № 31. – 2 с.
100. Авторское свидетельство 1194825 СССР, МКИ³ В 66 С 23/78. Устройство для повышения устойчивости самоходной грузоподъемной машины / Н.А. Величкин, Ю.Г. Лапынин, (СССР). – № 3523684; заявл. 17.12.1982; опубл. 30.11.1985, Бюл. № 44. – 2 с.
101. Авторское свидетельство 193701 СССР, МКИ³ В 66 С 23/80. Откидная опора для стрелового крана / В.И. Папазов, (СССР). – № 1044832/27-11; заявл. 21.12.1965; опубл. 13.03.1967, Бюл. № 7. – 2 с.
102. Авторское свидетельство 1677014 СССР, МКИ³ В 66 С 23/78. Выносная опора / А.А. Писаренко, В.А. Солдатенко, (СССР). – № 467039; заявл. 31.03.1989; опубл. 15.09.1991, Бюл. № 34. – 2 с.
103. Авторское свидетельство 1477665 СССР, МКИ³ В 66 С 23/78, Е 02 F 9/10. Опора для слабонесущих грунтов / Е.Р. Табачков, А.В. Козин, О.Л. Тюфяков, (СССР). – № 4249942; заявл. 11.05.1987; опубл. 07.05.1989, Бюл. № 17. – 2 с.
104. Патент 2378481 Российская Федерация, МПК⁷ Е 21 В 15/00. Устройство опоры домкрата подъемника / Е.Н. Хрусталева, Т.М. Хрусталева, И.Е. Хрусталева; заявитель и патентообладатель Е.Н. Хрусталева, Т.М. Хрусталева, И.Е. Хрусталева. – № 2008125534/03; заявл. 23.06.2008; опубл.: 10.01.2010, Бюл. № 1. – 9 с.

105. Авторское свидетельство 745856 СССР, МКИ³ В 66 С 23/78. Выносная опора / В.М. Колесниченко, (СССР). – № 2632770; заявл. 23.06.1978; опубл. 05.07.1980, Бюл. № 25. – 3 с.
106. Авторское свидетельство 1321667 СССР, МКИ³ В 66 С 23/78. Аутриггер подъёмно-транспортного средства / Ю.А. Ивашенко, И.В. Кириенко, Б.М. Косилков, Б.И. Резник (СССР). – № 3927295; заявл. 12.06.1985; опубл. 07.07.1987, Бюл. № 25. – 3 с.
107. Авторское свидетельство 1640098 СССР, МКИ³ В 66 С 23/78. Выносная опора подъёмно-транспортного средства / Д.Е. Махно, А.П. Макаров, Н.С. Груничев, А.И. Шадрин, (СССР). – № 4639777; заявл. 19.01.1989; опубл. 07.04.1991, Бюл. № 13. – 2 с.
108. Заявка 2002104444 Российская Федерация, МПК⁶ В 66 С 23/00. Автоматизированный комплекс управления устойчивостью мобильных грузоподъемных средств / Я.С. Ватулин, В.И. Ануфриев, П.И. Стеценко, Ю.Н. Кузмичёв, М.В. Козлов; заявитель Тульский государственный университет – № 2002104444/28; заявл. 18.02.2002; опубл. 20.10.2003.
109. Григорьев, П.А. Классификационные признаки обеспечения безопасности крановых конструкций / П.А. Григорьев // Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы. Сборник докладов XXIII Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. – М., 2019. - С.300-304.
110. ВСН 274-88. Правила техники безопасности при эксплуатации стреловых самоходных кранов [Текст] / Минмонтажспецстрой СССР. - М.: ЦБНТИ Минмонтажспецстроя СССР, 1989 г. – 26 с.
111. Григорьев, П.А. Анализ методов исследования и оценки обеспечения устойчивости стреловых самоходных кранов при работе на слабонесущих грунтах / П.А. Григорьев, В.В. Крылов // Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы. Сборник докладов XXIV Московской международной межвузовской научно-

- технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. – М., 2020. – С.53-55.
112. Зырянова, С.А. Методика автоматизированного построения математической модели стрелового грузоподъемного крана / С.А. Зырянова // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2014. – №2 (36). – С.81-87.
113. Зырянова, С.А. Система автоматизированного моделирования стрелового грузоподъемного крана: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.12 / Зырянова Светлана Анатольевна.– Омск, 2006. – 154 с.
114. Мамаев, К.М. Математическое моделирование нагрузок автокрана и возможность расширения его характеристик грузоподъемности / К.М. Мамаев // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2011. – №4 (23). – С.76-80.
115. Бровкин, И.Д. Исследование методов обеспечения надежной работы крана с учетом просадки грунта под выносными опорами / И.Д. Бровкин, А.П. Грачев // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. – 2016. – Т.1. – С.10-13.
116. Сизова, В.В. Моделирование поведения грунтов под опорами стрелового самоходного крана / В.В. Сизова, С.И. Вахрушев // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2020. – Т.2. – С.412-418.
117. Ватулин, Я.С. Численное моделирование предельных состояний стреловых самоходных кранов / Я.С. Ватулин, Д.А. Потахов, Е.А. Потахов // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2018. – №4 (697). – С.19-27.
118. Geisler, T. Free vibration analysis of a DST-0285 truck crane considering changes in the system load configuration. / T. Geisler // MATEC Web of Conference. – 2018. – V.157. – 03005. – P.1-12.
119. Jeng, S.L. Outrigger force measure for mobile crane safety based on linear programming optimization / S.L. Jeng, C.F. Yang, W.H. Chieng // Mechanics Based Design of Structures and Machines. – 2010. – V.2 (38). – P.145-170.

120. Kacalak, W. Stability Assessment as a Criterion of Stabilization of the Movement Trajectory of Mobile Crane Working Elements / W. Kacalak, Z. Budniak, M. Majewski // *International Journal of Applied Mechanics and Engineering*. – 2018. – V.23. – P.65-77.
121. Kacalak, W. Crane stability assessment method in the operation cycle / W. Kacalak, Z. Budniak, M. Majewski // *Transport Problems*. – 2017. – V.12. – P.141-151.
122. Abo-Shanab, R. Tip-over responses of hydraulic mobile cranes / R. Abo-Shanab, N. Sepehri // *Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering*. – 2006. – V.30. – P. 391-412.
123. Fujioka, D.D. Tip-over stability analysis of mobile boom cranes with double-pendulum payloads / D.D. Fujioka, A. Rauch, W. Singhose, T. Jones // *American Control Conference*. Hyatt Regency Riverfront, St. Louis, MO, USA. – 2009. – P. 3136-3141.
124. Qian, J.B. Modeling and Analysis of Outrigger Reaction Forces of Hydraulic Mobile Crane / J.B. Qian, L.P. Bao, R.B. Yuan, X.J. Yang // *International Journal of Engineering*. – 2017. – V.30. – P.1246-1252.
125. Kłosiński, J. Numerical tests on the FLC system of a crane model's slewing movement / J. Kłosiński, J. Janusz // *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*. – 2016. – V.91. – P.51-58.
126. Ai, X. Stability assessment of homogeneous slopes loaded with mobile tracked cranes – An artificial neural network approach / X. Ai, A.M. Zsaki // *Cogent Engineering*. – 2017. – V.4. – 1360236. – P.1-13.
127. Бычков, И. С. Оценка устойчивости грузоподъемного крана оборудованного грунтовыми якорями / И.С. Бычков // *Вестник СибАДИ*. – 2017. – №3(55). – С.7-11.
128. Бычков, И.С. Влияние грунтовых условий на устойчивость автомобильного крана, оснащенного грунтовыми якорями / И.С. Бычков, В.С. Щербаков // *Сборник материалов III Международной научно-практической конференции СибАДИ*. – 2017. – С. 49-52.

129. Бычков, И.С. Анализ модифицированных выносных опор для грузоподъемных машин / И.С. Бычков // В сборнике: Фундаментальные и прикладные исследования молодых учёных. Сборник материалов III Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. – 2019. – С.47-50.
130. Бычков, И.С. Влияние грунтовых условий на устойчивость автомобильного крана, оснащенного грунтовыми якорями / И.С. Бычков, В.С. Щербаков // В сборнике: Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации. Сборник материалов III Международной научно-практической конференции. – 2019. – С.49-52.
131. Мехонин, О.Н. Влияние смещения ребра опрокидывания автомобильных кранов-манипуляторов на значение коэффициента грузовой устойчивости / О.Н Мехонин, Р.В. Щеткин // В сборнике: Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли юга России. Материалы XIII Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 100-летию профессора Рима Яковлевича Цыганова, основателя высшего дорожного образования в Волгоградской области. – 2019. – С.201-204.
132. Мехонин, О.Н. Использование крано-манипуляторных установок на шасси малотоннажных грузовых автомобилей / О.Н. Мехонин, К.Г. Пугин, Р.В. Щеткин // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. – 2019. – Т.1. – С.85-88.
133. Мехонин, О.Н. Влияние смещения зависимой подвески на значение коэффициента грузовой устойчивости / О.Н. Мехонин, К.Г. Пугин, Р.В. Щеткин // Химия. Экология. Урбанистика. – 2019. – Т.2019-2. – С.139-143.
134. Зимелис, А. Исследование влияния различных факторов на поперечную устойчивость корчевателя / А. Зимелис, С.Е. Арико, А. Савельев // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – 2018. – № 2 (210) . – С.174-181.
135. Цытович, Н.А. Механика грунтов: Краткий курс / Н.А. Цытович. – М.: Ленанд, 2014. – 288 с.

136. Алексеева, Т.В. Дорожные машины. Часть I. Машины для земляных работ / Т.В. Алексеева, К.А. Артемьев, А.А. Бромберг и др. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1972. – 504 с.
137. Григорьев, П.А. Анализ работы и способов обеспечения устойчивости стреловых самоходных кранов на слабонесущих грунтах / П.А. Григорьев, В.В. Крылов, М.В. Горелова, Л.А. Сладкова // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства. Материалы международной научной-технической конференции. – 2019. – С.55-60.
138. Просадочные грунты [Электронный ресурс] // Библиотека Санкт-Петербургского университета высоких технологий. – Режим доступа <http://tehlib.com/inzhernaya-geologiya/prosadochny-e-grunty> , свободный – (28.02.2019).
139. Сладкова, Л.А. Моделирование устройства горизонтирования поверхности транспортных средств при работе на слабонесущих грунтах / Л.А. Сладкова, П.А. Григорьев // Профессорский форум 2019 «Наука. Образование. Регионы». – 2019. – С.164-170.
140. Сладкова, Л.А. Технические основы создания машин: Учебное пособие для обучающихся по техническим специальностям / Л.А. Сладкова, В.С. Ивановский. – Балашиха: ВТУ. – 2010. – 258 с.
141. Бутенин, Н.В. Курс теоретической механики: Учебное пособие для студентов вузов по техническим специальностям: в 2-х т. / Н.В. Бутенин, Я.Л. Лунц, Д.Р. Меркин. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Лань.– 2017. – 729 с.
142. Деч, Г. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа и Z-преобразования / Г. Деч. – М.: Наука. – 1971. – 288 с.
143. Зеленин, А.Н. Основы разрушения грунтов механическими способами / А.Н. Зеленин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение. – 1968. – 375 с.
144. Зеленин, А.Н. Машины для земляных работ: (Основы теории разрушения грунтов, моделирование процессов, прогнозирование параметров):

- [Для вузов по специальности "Строит. и дор. машины и оборудование"] / А.Н. Зеленин, В.И. Баловнев, И.П. Керов. – М.: Машиностроение. – 1975. – 422 с.
145. Григорьев, П.А. Теоретическое и экспериментальное обоснование изменения усилий в опорах стрелового самоходного крана / П.А. Григорьев, Л.А. Сладкова, В.В. Крылов // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2020. – №2. – С.43-52. DOI: <https://doi.org/10.30987/1999-8775-2020-2020-2-43-52>
146. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов: Учебник для студентов высш.техн.учеб.зав. / В.И. Феодосьев. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2008. – 588 с.
147. Сладкова, Л.А. Грузоподъемные машины и оборудование: Учебно-методическое пособие к лабораторным работам / Л.А. Сладкова, П.А. Григорьев, В.В. Крылов, И.В. Трошко. – М.: РУТ (МИИТ) . – 2020. – 40 с.
148. Кран автомобильный КС-3577-4. Техническое описание и руководство по эксплуатации: КС-3577-4.00.000 ТО. – 251 с.
149. ГОСТ 427-75 Линейки измерительные металлические. Технические условия. – М.: Стандартиформ, 2007. – 8 с.
150. ГОСТ 166-89 (ИСО 3599-76) Штангенциркули. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 25 с.
151. ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. – М.: Стандартиформ, 2019. – 20 с.
152. ГОСТ Р 53228-2008 Весы неавтоматического действия. Часть 1. Метрологические и технические требования. Испытания (с Изменением N 1). – М.: Стандартиформ, 2010. – 230 с.
153. ГОСТ OIML R 111-1-2009 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Гири классов E(1), E(2), F(1), F(2), M(1), M(1-2), M(2), M(2-3) и M(3). Часть 1. Метрологические и технические требования. – М.: Стандартиформ, 2012. – 111 с.

154. ГОСТ 9416-83 Уровни строительные. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов. Технические условия, 1999. – 21 с.
155. Растегаев, И.К. Машины для вечномёрзлых грунтов: [Учеб. пособие для вузов по спец. "Строит. и дор. машины и оборуд."] / И.К. Растегаев. – М.: Машиностроение. – 1986. – 215 с.
156. Сладкова, Л.А. Конструирование и расчет наземных транспортно-технологических машин: Учебное пособие / Л.А. Сладкова, В.А. Сладков. – М.: МГУПС (МИИТ) . – 2016. – 344 с.
157. Сладкова, Л.А. Моделирование усилий в опорах машин основного технологического назначения на примере стрелового самоходного крана / Л.А. Сладкова, П.А. Григорьев, В.В. Крылов // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2019. – №4. – С.516-522. DOI: <https://doi.org/10.22281/2413-9920-2019-05-04-516-522>
158. Патент 2723503 Российская Федерация, МПК7 В66С 23/78, В66С 23/72, В66С 23/62, В66С 23/18. Устройство обеспечения горизонтирования кранов на слабонесущих грунтах / П.А. Григорьев, В.В. Крылов, Л.А. Сладкова; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Российский университет транспорта" (ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ), РУТ (МИИТ)). – № 2019121342; заявл. 08.07.2019; опубл. : 11.06.2020, Бюл. № 17. – 9 с.
159. Тарг, С.М. Краткий курс теоретической механики: Учеб. для вузов / С.М. Тарг. – 15-е изд., стер. – М.: Высш. шк. – 2008. – 415 с.
160. Бать, М.И Теоретическая механика в примерах и задачах. Учеб. пособ. для вузов. В 2-х т. / М.И. Бать, Г.Ю. Джанелидзе, А.С. Кельзон. – 9-е изд., перераб. – М.: Наука. – 2007. - 670 с.
161. Сладкова, Л.А. Устройство обеспечения горизонтирования машин на слабонесущих грунтах / Л.А. Сладкова, П.А. Григорьев, В.В. Крылов // Энергоэффективность автотранспортных средств: нанотехнологии, информационно-коммуникативные системы, альтернативные источники

энергии: материалы Всероссийской научно-технической конференции с международным участием 4-7 июня 2019 года. – 2019. – С.209-217.

Приложение А

Таблица А.1 – Патентный анализ

Патент	Изображение	Формула изобретения
1	2	3
<p>RU 2002 104 443 А</p> <p>СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТЬЮ МОБИЛЬНЫХ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ СРЕДСТВ</p> <p>МПК В66С 23/00</p> <p>Авторы: Ватулин Ян Семенович Ануфриев Валерий Иванович Стеценко Павел Иванович Кузмичев Юрий Николаевич Козлов Максим Владимирович</p>	<p>Нет рисунка</p>	<p>1. Способ управления устойчивостью мобильных грузоподъемных средств, заключающийся в проектировании центра масс грузоподъемного средства на координатную плоскость с центром в точке пересечения оси вращения поворотной части грузоподъемного средства с плоскостью опирания, отличающийся тем, что формируют область гарантированной устойчивости грузоподъемного средства, определяют направление смещения проекции центра масс, измеряя опорные давления выносных опор, генерируют сигнал опасного снижения запаса устойчивости в случае выхода центра масс грузоподъемного средства за пределы области гарантированной устойчивости, формируют стабилизирующее воздействие.</p> <p>2. Способ по п.1, отличающийся тем, что в случае неуправляемой просадки одной из выносных опор, производят слив рабочей жидкости из гидроцилиндров других выносных опор до совмещения центра масс грузоподъемного средства с областью гарантированной устойчивости.</p>

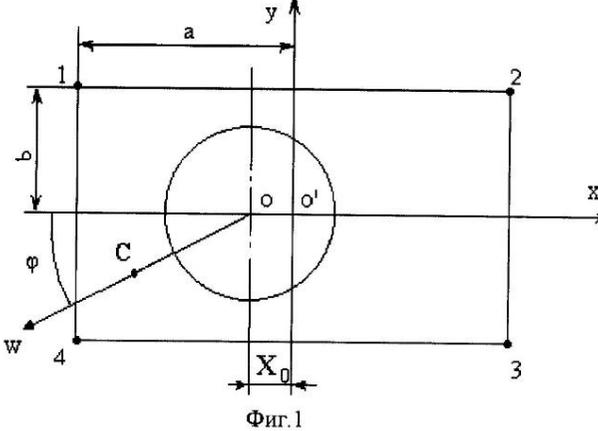
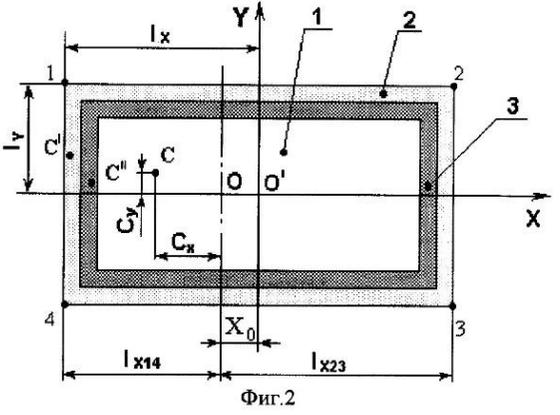
Продолжение таблицы А.1

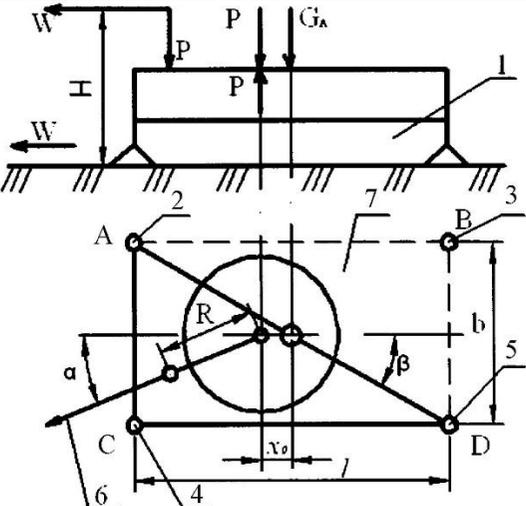
1	2	3
<p>RU 2002 104 444 А</p> <p>АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТЬЮ МОБИЛЬНЫХ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ СРЕДСТВ</p> <p>МПК В66С 23/00</p> <p>Авторы: Ватулин Ян Семенович Ануфриев Валерий Иванович Стеценко Павел Иванович Кузмичев Юрий Николаевич Козлов Максим Владимирович</p>	<p>Нет рисунка</p>	<p>1. Автоматизированный комплекс управления устойчивостью мобильных грузоподъемных средств, преимущественно кранов, содержащий насос, создающий рабочее давление жидкости, поступающей через трубопроводы, через управляемые распределители к гидроцилиндрам, датчик азимута, тензометрические датчики и бортовой микропроцессор, отличающийся тем, что, автоматизированный комплекс управления устойчивостью выполнен в виде параллельных линий питания гидроцилиндров трубопроводов, подключенных к управляемому процессором распределителю через систему контроллеров.</p> <p>2. Комплекс по п.1, отличающийся тем, что, контроль устойчивого положения крана во время работы осуществляется с помощью периодического определения нахождения проекции центра масс системы "кран-груз" в пределах опорного контура системы, который представлен двумерной матрицей произвольного порядка, в соответствующих ячейках которой указывается (соответствующим значением) местоположение опорных гидроцилиндров и центра опорно-поворотного устройства, определения направления и скорости (градиента) смещения проекции центра масс за пределы области гарантированной устойчивости (ядра опирания), генерирования сигнала опасного снижения запаса устойчивости и формирования направленного воздействия стабилизирующего характера (выполняется ограничение скоростей или блокирование перемещений технологического оборудования).</p>

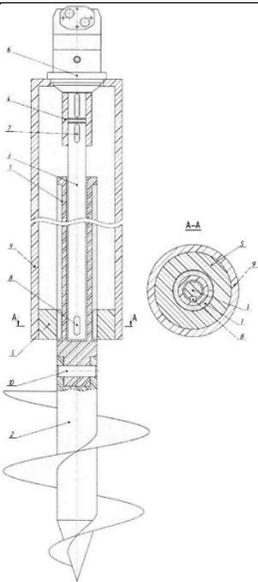
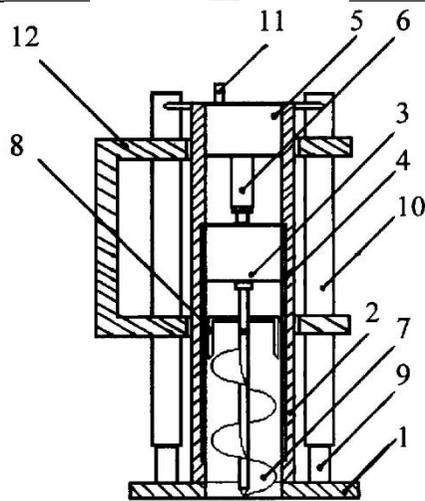
1	2	3
<p>RU 94218 U1</p> <p>УСТРОЙСТВО ЗАЗЕМЛЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ МОБИЛЬНОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОЙ МАШИНЫ С ВИНТОВЫМИ ОПОРАМИ</p> <p>МПК В66С 5/00</p> <p>Авторы: Щербаков Виталий Сергеевич (RU) Корытов Михаил Сергеевич (RU) Камуз Наталья Александровна (RU)</p>		<p>Устройство заземления и повышения устойчивости мобильной грузоподъемной машины с винтовыми опорами, содержащее опорную платформу, винтовые электроды, направляющие гайки, отличающееся тем, что винтовые электроды в количестве четырех штук при помощи соединительных механизмов, каждый из которых включает упорный двухсторонний подшипник и управляемую муфту, соединены с соответствующими ходовыми винтами, на винтовых электродах имеются лопасти, диаметр которых значительно превышает диаметр стержня электрода, каждому из ходовых винтов сообщается вращение при помощи отдельного гидромотора.</p>

1	2	3
<p>RU 93373 U1</p> <p>УСТРОЙСТВО ЗАЗЕМЛЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ МОБИЛЬНОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОЙ МАШИНЫ С ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ ОПОРАМИ</p> <p>МПК В66С 5/00 Н01R 4/66</p> <p>Авторы: Щербаков Виталий Сергеевич (RU) Корытов Михаил Сергеевич (RU) Камуз Наталья Александровна (RU)</p>		<p>Устройство заземления и повышения устойчивости мобильной грузоподъемной машины с гидравлическими опорами, содержащее опоры, подвижные электроды, механизмы погружения электродов, отличающееся тем, что электроды в количестве четырех штук имеют форму изогнутых стержней, оси которых расположены по дуге окружности, соединенных с прямыми стержнями круглого сечения, направленными по радиусу соответствующей окружности, механизм погружения каждого электрода включает в себя ползун с двумя степенями свободы относительно электрода, храповой механизм соединения электрода и опоры-башмака, гидравлический привод поступательного перемещения в виде гидроцилиндра со штоком, электроды имеют электрический контакт и механическое соединение с гидравлическими опорами и опорной платформой мобильной грузоподъемной машины.</p>

1	2	3
<p>RU 187891 U1</p> <p>Выносная опора грузоподъемной машины</p> <p>МПК В66С 23/78</p> <p>Авторы: Щербаков Виталий Сергеевич (RU) Бычков Илья Сергеевич (RU)</p>	<p>Выносная опора Фиг.1</p>	<p>Выносная опора грузоподъемной машины, содержащая закрепленный на раме машины корпус, шток и лопастной винт, отличающаяся тем, что, с целью снижения мощности на завинчивание лопастного винта и повышение надежности, шток выполнен с резьбой, шаг которой равен шагу лопастного винта, и вертикальной проточкой, позволяющей вертикально перемещаться штоку, в которую входит шпонка, жестко закрепленная на шестерне, через внутреннее отверстие которой проходит шток, шестерня опирается на подшипники, закрепленные в корпусе, при этом шток проходит через резьбовую втулку, жестко закрепленную в корпусе, создавая винтовую пару «винт-гайка», а шестерня через зубчатое соединение соединена с реверсивным гидромотором.</p>
<p>SU 606804 A1</p> <p>Выносная опора грузоподъемной машины</p> <p>МПК В66С 23/78</p> <p>Авторы: ПЕНЧУК ВАЛЕНТИН АЛЕКСЕЕВИЧ ПРИЛЕПСКИЙ РОСТИСЛАВ КИРИЛЛОВИЧ БАРАНЧИКОВ АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ ХАЙЛОВ ИГОРЬ ГЕННАДЬЕВИЧ</p>		<p>Выносная опора грузоподъемной машины, содержащая винтовой якорь, смонтированный в патроне со шпинделем, связанным с гидроприводом вращения и закрепленную на патроне траверсу, жестко связанную со штоками гидроцилиндров осевого перемещения винтового якоря, отличающаяся тем, что, с целью повышения надежности эксплуатации, она снабжена цилиндром, закрепленным на траверсе и охватывающим винтовой якорь.</p>

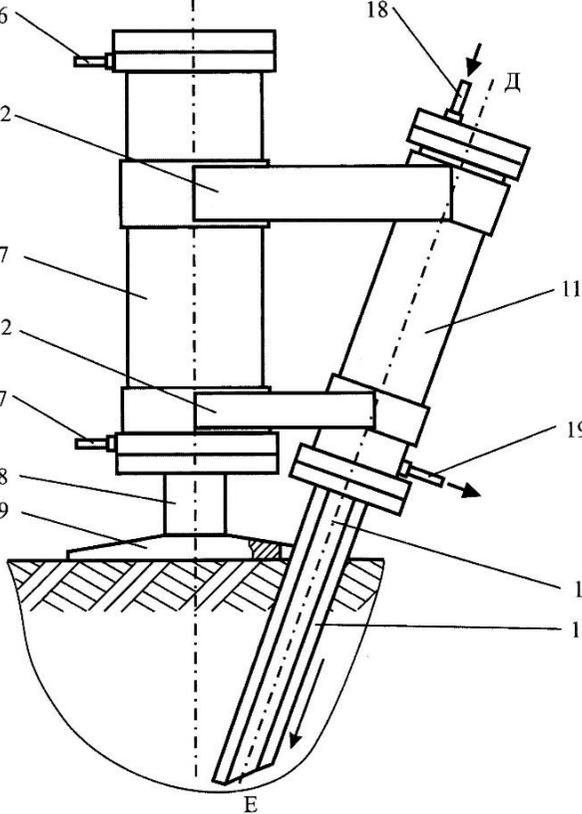
1	2	3
<p>RU 2 267 458 C1</p> <p>СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ГРУЗОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ МОБИЛЬНЫХ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН</p> <p>МПК В66С 23/90 G01M 1/12</p> <p>Авторы: Сорокин Павел Алексеевич (RU) Редькин Алексей Владимирович (RU) Козлов Максим Владимирович (RU)</p>	 <p>Фиг.1</p>  <p>Фиг.2</p>	<p>1. Система контроля грузовой устойчивости мобильных грузоподъемных машин, содержащая тензометрические датчики нагрузки, установленные на выносных опорах, аналого-цифровой преобразователь, подключенный к выходам датчиков нагрузки, бортовой микропроцессор, установленный с возможностью обработки сформированного аналого-цифровым преобразователем информационного массива, управления гидрораспределителем гидроцилиндров опорного контура и выдачи необходимой информации на табло машинисту, отличающаяся тем, что бортовой микропроцессор снабжен релейным модулем, в память бортового микропроцессора введена математическая модель грузоподъемной машины, выполненная с возможностью изменения в зависимости от типа грузоподъемной машины, а параллельно упомянутому гидрораспределителю подключен дополнительный гидрораспределитель, связанный через систему контроллеров с релейным модулем бортового микропроцессора и предназначенный для перераспределения объема жидкости из поршневых областей гидроцилиндров при угрозе опрокидывания грузоподъемной машины.</p> <p>2. Система по п.1, отличающаяся тем, что бортовой микропроцессор выполнен с возможностью периодического определения положения проекции центра масс на плоскость опорного контура относительно ребра опрокидывания в пределах опорного контура системы, выявления направления смещения проекции центра масс за пределы области гарантированной устойчивости, генерирования сигнала опасного снижения запаса устойчивости и формирования направленного воздействия стабилизирующего характера для ограничения скоростей или блокирования перемещений технологического оборудования.</p>

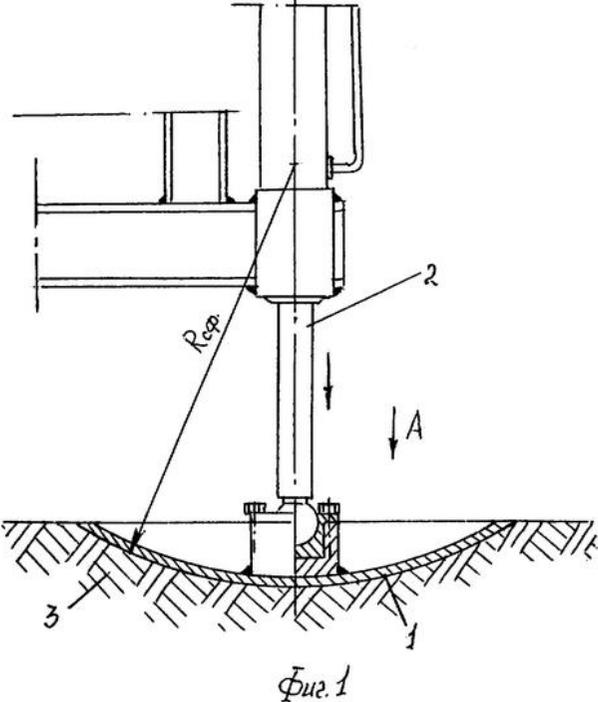
1	2	3
<p>RU 2 349 536 C1</p> <p>СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ГРУЗОВОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ МОБИЛЬНОГО ГРУЗОПОДЪЕМНОГО КРАНА И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ</p> <p>МПК В66С 15/00</p> <p>Авторы: Сорокин Павел Алексеевич (RU) Чернов Александр Викторович (RU) Редькин Алексей Владимирович (RU) Жильцов Александр Вячеславович (RU)</p>	 <p>Фиг.1</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Способ управления устойчивостью мобильного грузоподъемного крана, заключающийся в том, что осуществляют вычисление грузового момента и сравнивают его с предельно допустимым, в зависимости от полученных данных формируют сигнал включения тех исполнительных механизмов, которые обеспечивают уменьшение грузового момента, отличающийся тем, что дополнительно измеряют скорости изменения давления в гидроцилиндрах выносных опор и определяют их знак, составляют контрольные комбинации скоростей изменения давления, которые сравнивают с эталонными, в зависимости от совпадения или не совпадения полученных контрольных комбинаций с эталонными формируют сигнал управления параметрами, влияющими на устойчивость. 2. Устройство для осуществления способа управления устойчивостью мобильного грузоподъемного крана, содержащее гидролинию выносных опор, механизм поворота стрелы, аналого-цифровой преобразователь, бортовой микропроцессор, в память бортового микропроцессора введена математическая модель мобильного грузоподъемного крана, выполненная с возможностью изменения в зависимости от типа грузоподъемного крана, отличающееся тем, что в гидролинию выносных опор дополнительно включены датчики давления, бортовой микропроцессор имеет связь с датчиками давления, механизм поворота стрелы снабжен регулируемым аксиально-поршневым гидродвигателем.

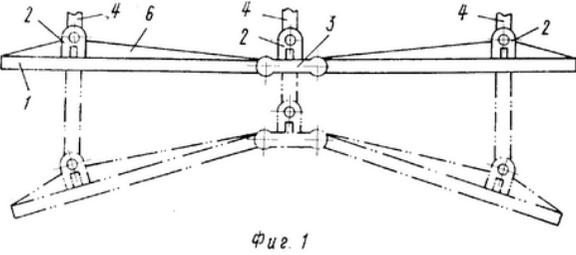
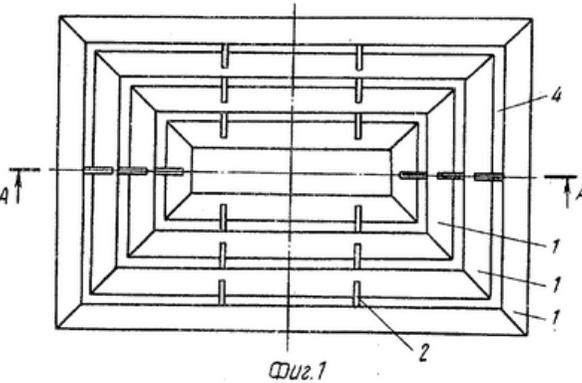
1	2	3
<p>RU 188455 U1</p> <p>Выносная опора грузоподъемной машины</p> <p>МПК В66С 23/78</p> <p>Авторы: Щербаков Виталий Сергеевич (RU) Бычков Илья Сергеевич (RU)</p>	 <p>Выносная опора Фиг.1</p>	<p>Выносная опора грузоподъемной машины, содержащая закрепленный на раме машины корпус, полый шток с наружной резьбой, шаг которой равен шагу лопастного винта, и лопастной винт, отличающаяся тем, что, с целью снижения мощности на завинчивание лопастного винта и повышение надежности, полый шток выполнен с вертикальной проточкой внутри штока, позволяющей вертикально перемещаться штоку, в которую входит шпонка, жестко закрепленная на оси, соединенной с гидромотором с помощью муфты, при этом шток проходит через резьбовую втулку, жестко закрепленную в корпусе, создавая винтовую пару «винт-гайка».</p>
<p>RU 61699 U1</p> <p>ВЫНОСНАЯ ОПОРА ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ</p> <p>МПК В66С 23/78</p> <p>Авторы: Левченко Сергей Анатольевич (RU) Миркин Сергей Николаевич (RU) Егоров Константин Дмитриевич (RU)</p>		<p>Выносная опора землеройно-транспортной машины, содержащая гидроцилиндры осевого перемещения, цилиндр, охватывающий винтовой якорь, связанный с гидроприводом вращения, отличающаяся тем, что гидропривод вращения винтового якоря и связанный с ним винтовой якорь установлены в цилиндрический корпус с возможностью возвратно-поступательного перемещения внутри него посредством гидроцилиндра, жестко закрепленного в цилиндрическом корпусе, причем цилиндрический корпус установлен на опорной плите, на которой закреплены штоки гидроцилиндров осевого перемещения, причем гидроцилиндры осевого перемещения жестко связаны между собой.</p>

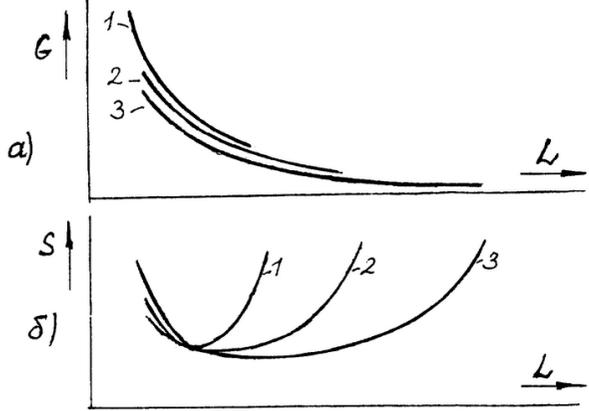
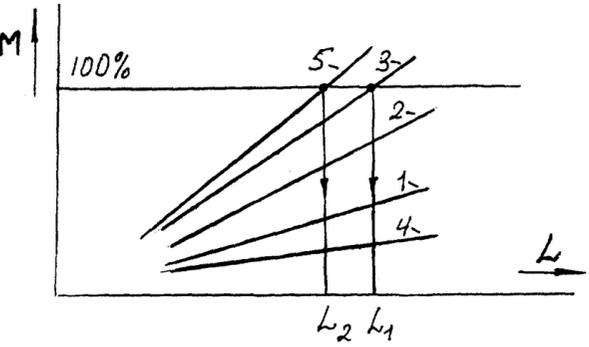
1	2	3
<p>SU 633793 A1</p> <p>Выносная опора грузоподъемной машины</p> <p>МПК В66С 23/80</p> <p>Авторы: ПЕНЧУК ВАЛЕНТИН АЛЕКСЕЕВИЧ БАРАНЧИКОВ АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ</p>		<p>Выносная опора грузоподъемной машины, содержащая винтовой якорь, смонтированный в патроне со шпинделем, связанным с гидроприводом вращения и закрепленную на патроне траверсу, жестко связанную со штоками гидроцилиндров осевого перемещения винтового якоря, отличающаяся тем, что, с целью повышения надежности эксплуатации, она снабжена цилиндром, закрепленным на траверсе и охватывающим винтовой якорь.</p>

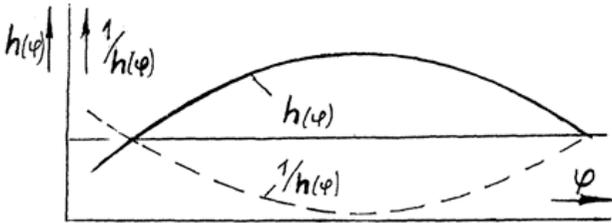
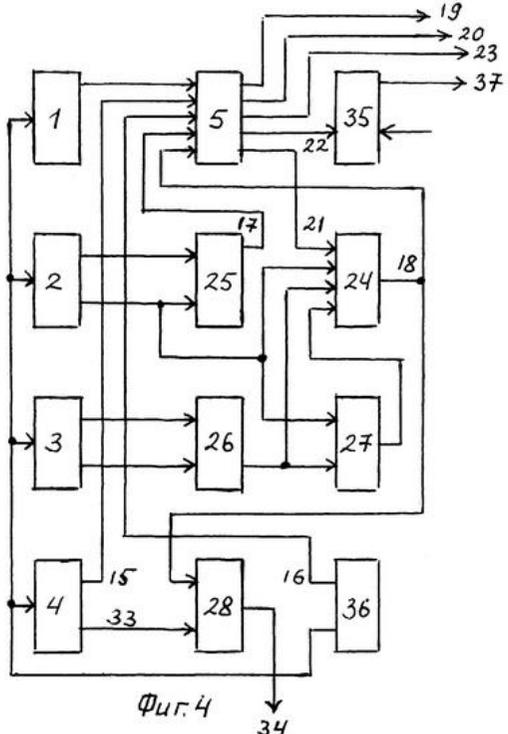
1	2	3
<p>RU 165312 U1</p> <p>ВЫНОСНАЯ ОПОРА ПОДЪЕМНО- ТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ</p> <p>МПК В66С 23/64</p> <p>Авторы: Лагерев Игорь Александрович (RU) Ковальский Виктор Федорович (RU) Толкачев Евгений Николаевич (RU) Шатунова Елена Александровна (RU) Лагерев Александр Валерьевич (RU)</p>		<p>Выносная опора подъемно-транспортной машины, включающая смонтированный на раме машины кронштейн, снабженный подъемно-опускным с помощью приводного механизма опорным устройством для передачи на грунт нагрузки от машины и транспортируемого груза, и анкерное устройство для восприятия действующих на машину опрокидывающих и сдвиговых эксплуатационных нагрузок, отличающаяся тем, что рабочий элемент анкерного устройства выполнен в виде плоского ножа с прямолинейной продольной осью, который для установки в свое рабочее положение совершает прокалывающее поступательное движение в грунте при помощи приводного гидроцилиндра, причем плоскость рабочего элемента наклонна по отношению к поверхности грунта, и в рабочем положении рабочий элемент находится под площадкой контакта опорного устройства с поверхностью грунта.</p>

1	2	3
<p>RU 186456 U1</p> <p>ВЫНОСНАЯ ОПОРА МОБИЛЬНОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОЙ МАШИНЫ</p> <p>МПК В66С 23/78</p> <p>Авторы: Лагерев Александр Валерьевич (RU) Лагерев Игорь Александрович (RU) Остроухов Игорь Олегович (RU)</p>	 <p>Фиг. 4</p>	<p>1. Выносная опора мобильной грузоподъемной машины, включающая смонтированный на раме машины кронштейн, снабженный подъемно-опускным с помощью приводного механизма опорным устройством для передачи на грунт нагрузки от машины и транспортируемого груза, и анкерное устройство для восприятия действующих на машину опрокидывающих и сдвиговых эксплуатационных нагрузок, снабженное рабочим элементом в виде плоского ножа с прямолинейной продольной осью, который для установки в свое рабочее положение совершает прокалывающее поступательное движение в грунте при помощи приводного гидроцилиндра, причем плоскость рабочего элемента наклонна по отношению к поверхности грунта и в рабочем положении рабочий элемент находится под площадкой контакта опорного устройства с поверхностью грунта, отличающаяся тем, что вдоль не менее чем одной боковой поверхности рабочего элемента выполнена полка шириной более толщины рабочего элемента.</p> <p>2. Выносная опора мобильной грузоподъемной машины по п. 1, отличающаяся тем, что поперечное сечение рабочего элемента анкерного устройства имеет Х-образную форму, причем угол скрещивания β соседних плоских выступов составляет более $\beta=2\arcsin(b/M)$, где b - толщина плоского выступа; M - ширина поперечного сечения рабочего элемента.</p>

1	2	3
<p>RU 2 378 481 C1</p> <p>УСТРОЙСТВО ОПОРЫ ДОМКРАТА ПОДЪЕМНИКА</p> <p>МПК E21B 15/00</p> <p>Авторы: Хрусталеv Евгений Николаевич (RU) Хрусталева Татьяна Михайловна (RU) Хрусталева Ирина Евгеньевна (RU)</p>	 <p style="text-align: center;">Фиг. 1</p>	<p>Устройство опоры домкрата подъемника на грунтовом и торфяном основании, состоящее из механизмов силового привода и выдвижения опорных плит круглой или квадратной в плане формы площадью F, обеспечивающей упругое контактное взаимодействие через деревянные подкладки с подстилающим грунтовым или торфяным основанием, характеризующимся углом φ внутреннего трения, c - удельным сцеплением, E_0 - модулем общей деформации, μ_0 - коэффициентом Пуассона, γ - плотностью сложения основания, отличающееся тем, что контактная поверхность опорной плиты или подкладки выполнена в виде выпуклой сферы радиусом $R_{сф} \geq \frac{\sqrt{\pi E}}{\sin(\psi_{max}^{упр})}$ где $\psi_{max}^{упр} = \arctg \left[\frac{0,5 p_{раст}^{стр}}{p_{ц}^{стр} + c \cdot ctg \varphi} \right]$ - угол упругого полуконтакта сферической опорной поверхности плиты или подкладки на грунтовом основании, $\psi_{max}^{упр} \approx \arctg \left[\frac{\sin 2\varphi \cdot \cos \varphi}{(1 + \sin \varphi)^2 (1 + 4 \sin \varphi)} \right]$ - на торфяном основании; где $p_{раст}^{стр} = \frac{2c \cdot \cos \varphi}{1 + \sin \varphi}$ - давление структурной прочности основания на растяжение; $p_{ц}^{стр} = c \cdot \left\{ \frac{\pi}{1 + (\varphi - \frac{\pi}{2}) \cdot tg \varphi} + \left[\frac{2 \cos \varphi}{1 - \sin \varphi} \right] \right\}$ - критическое давление под центром сферы; при радиусе отпечатка опорной сферической поверхности в плане $r = \sqrt{\pi F}$ и максимальной величине осадки сферической опорной поверхности плиты или ее подкладки $S_{сф} = r \left[\frac{1 - \cos \psi_{max}^{упр}}{\sin \psi_{max}^{упр}} + \frac{2(1 - \mu_0^2) p_{max}^{упр}}{\pi E_0} \right]$ где $p_{max}^{упр} = p_{ц}^{стр}$ - для грунта; $p_{max}^{упр} = \frac{2c \cdot \cos \varphi}{1 - \sin \varphi}$ - для торфа давление структурной прочности на сжатие.</p>

1	2	3
<p>SU 1 342 870 A1</p> <p>Опора грузоподъемной машины</p> <p>МПК В66С 23/78</p> <p>Авторы: ТАБАЧКОВ ЕВГЕНИЙ РОМАНОВИЧ НЕКОЗЫРЕВ ЕВГЕНИЙ ВИКТОРОВИЧ</p>		<p>1. Опора грузоподъемной машины, содержащая опорную плиту, выполненную из отдельных звеньев, шарнирно связанных между собой посредством балки, два вертикально смонтированных на раме машины силовых цилиндра, к каждому штоку которого шарнирно подсоединено одно из звеньев плиты, отличающаяся тем, что, с целью повышения надежности работы на слабонесущих грунтах, она снабжена установленным вертикально на раме машины дополнительным силовым цилиндром, шток которого шарнирно связан с балкой, соединяющей звенья плиты.</p> <p>2. Опора по п. 1, отличающаяся тем, что каждое звено плиты выполнено с радиальными относительно шарниров крепления штоков щелевыми отверстиями и ребрами жесткости.</p>
<p>SU 1 477 665 A1</p> <p>Опора для слабонесущих грунтов</p> <p>МПК В66С 23/78 E02F 9/10</p> <p>Авторы: ТАБАЧКОВ ЕВГЕНИЙ РОМАНОВИЧ КОЗИН АЛЕКСЕЙ ВАЛЕРЬЕВИЧ ТЮФЯКОВ ОЛЕГ ЛЕОНИДОВИЧ</p>		<p>Опора для слабонесущих грунтов, содержащая плиту с щелевидными отверстиями, отличающаяся тем, что, с целью повышения несущей способности, плита выполнена полой в виде концентрично расположенных усеченных пирамид, которые скреплены между собой посредством пластин, щелевидные отверстия образованы зазорами между усеченными пирамидами.</p>

1	2	3
<p>RU 2 245 293 C2</p> <p>СПОСОБ МОМЕНТНОЙ ЗАЩИТЫ КРАНА С ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЙ СТРЕЛОЙ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ</p> <p>МПК В66С 23/90</p> <p>Авторы: Мамаев К.М. (RU) Курбанмагомедов К.Д. (RU) Лачуев Ш.О. (RU)</p>	 <p style="text-align: center;">Фиг. 1</p>  <p style="text-align: center;">Фиг. 2</p>	<p>1. Способ автоматической защиты крана с телескопической стрелой от опрокидывания, согласно которому для защиты используют сигналы датчиков угла наклона стрелы к горизонту, длины стрелы, массы груза, усилия в штоке толкателя стрелы и при срабатывании защиты замедляют скорости приводов или отключают их, отличающийся тем, что защиту осуществляют по максимуму фактического опрокидывающего момента, который сравнивают с допустимым значением, равным постоянному восстанавливающему моменту, при этом для определения фактического опрокидывающего момента сигнал усилия в штоке толкателя стрелы умножают на сигнал, отображающий угловую функцию изменения плеча момента этого усилия относительно коренного шарнира стрелы, а к полученному результату прибавляют сигнал, характеризующий момент усилия в канате грузового барабана, создаваемый массой груза, и вычитают сигнал, характеризующий постоянный момент масс стрелы, вычисленный или заданный программно, причем массу груза определяют по сигналу датчика груза или по сигналу с выхода устройства, осуществляющего вычисление массы по грузовому моменту, являющемуся разностью полного опрокидывающего момента и момента масс стрелы.</p> <p>2. Способ по п.1, отличающийся тем, что скорость толкателя стрелы регулируют изменением плеча момента усилия толкателя, работающие приводы крана охватывают отрицательной обратной связью по скорости изменения указанного момента, при превышении моментом установленного значения замедляют скорости приводов до полной остановки по достижении восстанавливающего момента.</p>

1	2	3
	 <p style="text-align: center;">Фиг. 3</p>  <p style="text-align: center;">Фиг. 4</p>	<p>3. Способ по п.1, отличающийся тем, что определяют разность между значениями массы груза, измеренной датчиком и вычисленной через грузовой момент, умножают ее на линейно убывающую функцию груза, сравнивают полученное отклонение с допустимым и при превышении допустимой величины запрещают работу крана.</p> <p>4. Устройство для автоматической защиты крана с телескопической стрелой от опрокидывания, содержащее первичные преобразователи усилия в штоке толкателя стрелы, угла наклона и длины стрелы, представляющие собой синусно-косинусные поворотные трансформаторы, первичный преобразователь массы груза, вычислительный узел и компаратор, отличающееся тем, что в него введены преобразователи сигналов первичных преобразователей угла наклона и длины стрелы в длительность импульсов широтно-импульсной модуляции, амплитудно-импульсный модулятор, генератор счетных импульсов и узел синтеза опрокидывающего момента, включающий в себя электронный переключатель, множительный цифроаналоговый преобразователь, постоянное запоминающее устройство, кодер, фильтр нижних частот и сумматор моментов, при этом вычислительный узел предназначен для вычисления массы груза через грузовой момент и связан одним из входов с выходом первичного преобразователя угла наклона стрелы, выход первичного преобразователя усилия в штоке толкателя стрелы через переключатель связан с аналоговым входом множительного цифроаналогового преобразователя, цифровым входом связанного с выходом постоянного запоминающего устройства, адресными входами подключенного к выходу кодера, входами соединенного с выходами генератора счетных импульсов и преобразователя угла наклона стрелы в длительность импульсов широтно-импульсной модуляции,</p>

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
		<p>входы сумматора моментов связаны непосредственно с выходами первичного преобразователя массы груза и вычислительного узла и через переключатель и фильтр нижних частот - с выходом множительного цифроаналогового преобразователя, а выход подключен к одному из входов компаратора, предназначенного для сравнения моментов, другой вход которого является воспринимающим постоянный восстанавливающий момент.</p> <p>5. Устройство по п.4, отличающееся тем, что узел синтеза опрокидывающего момента снабжен дифференциатором и блоком “зона нечувствительности”, при этом аналоговый вход множительного цифроаналогового преобразователя через переключатель соединен с источником опорного напряжения, а выход через дополнительный электронный переключатель - с устройством управления скоростью толкателя стрелы, к выходу сумматора моментов подключены входы дифференциатора, блока “зона нечувствительности” и компаратора, выходы которых связаны с органом управления приводами крана.</p> <p>6. Устройство по п.4, отличающееся тем, что в него введен узел непрерывного автоконтроля точности работы системы защиты, содержащий преобразователь с нелинейно убывающей характеристикой, вычитатель, перемножитель и компаратор допустимой погрешности, при этом вычитатель входами связан с выходами первичного преобразователя массы груза и вычислительного узла, предназначенного для вычисления массы груза, а выходом - со входом перемножителя, другим входом через преобразователь с нелинейно убывающей характеристикой связанного с выходом первичного преобразователя массы груза, выход перемножителя связан со входом компаратора допустимой погрешности.</p>

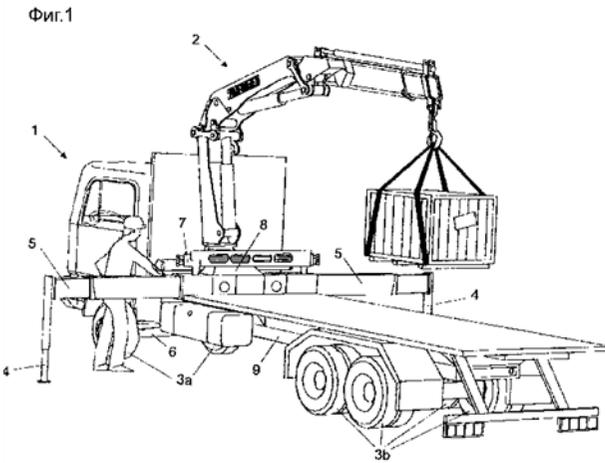
1	2	3
<p>RU 2 245 294 C2</p> <p>СПОСОБ МОМЕНТНОЙ ЗАЩИТЫ СТРЕЛОВОГО КРАНА ПО СИГНАЛАМ ДАТЧИКОВ ОПОР И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ</p> <p>МПК В66С 23/90</p> <p>Авторы: Мамаев К.М. (RU) Курбанмагомедов К.Д. (RU) Лачуев Ш.О. (RU)</p>	<p>а)</p> <p>б)</p> <p>в)</p> <p>Фиг.1</p>	<p>1. Способ защиты стрелового крана от опрокидывания, согласно которому используют сигналы датчиков усилий выносных опор и датчика угла стрелы в плане опор и при срабатывании защиты отключают приводы, отличающийся тем, что защиту осуществляют по максимуму опрокидывающего момента относительно ребра минимальной устойчивости крана, который сравнивают с постоянным восстанавливающим моментом, при этом для определения модуля опрокидывающегося момента, действующего в плоскости стрелы, суммируют сигналы датчиков усилий, принадлежащих каждому возможному ребру опрокидывания, вычитают из полученных сумм сигнал полусуммы сигналов всех датчиков и выделяют из найденных разностей сигналы синусной и косинусной составляющих момента.</p> <p>2. Способ по п.1, отличающийся тем, что дополнительно защиту осуществляют по минимуму фактического усилия в опоре, диагонально противоположной опасно недогруженной опоре, которое сравнивают с номинальным, при этом для определения номинальных усилий опор попарно суммируют сигналы результатов суммирования сигналов датчиков усилий, принадлежащих каждому ребру опрокидывания, а вычитанием последних из сигналов датчиков усилий выявляют недогруженную опору.</p> <p>3. Способ по п.1, отличающийся тем, что для установки крана из транспортного положения на опоры с соблюдением условий горизонтальности платформы крана и номинального распределения усилий в опорах используют разности сигналов фактических и номинальных усилий в опорах совместно с сигналами четырехквadrантного креномера.</p>

Продолжение таблицы А.1

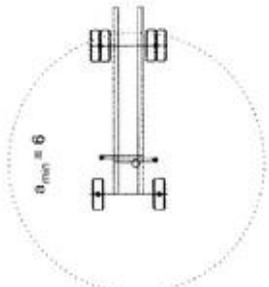
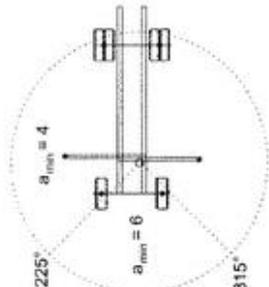
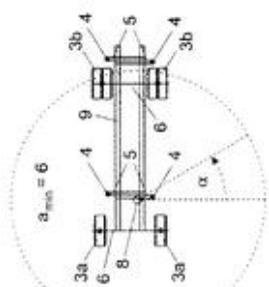
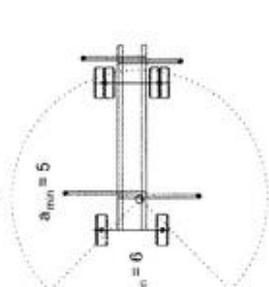
1	2	3
		<p>4. Устройство защиты стрелового крана от опрокидывания, содержащее датчики усилий выносных опор, выполненные в виде силоизмерителей опор, сумматоры, компаратор, отличающееся тем, что силоизмерители опор, образующих сторону опорного контура, связаны с двумя входами соответствующего из сумматоров первой группы, третьи входы которых связаны с выходом сумматора, подключенного ко всем силоизмерителям, выходы одной пары сумматоров первой группы через диоды связаны с одними входами первого и второго сумматоров второй группы, выходы другой пары сумматоров первой группы через диоды связаны с двумя входами третьего сумматора второй группы, выходы первого и второго сумматоров второй группы через диоды связаны с входом первого квадратора, а выход третьего сумматора через диод - со входом второго квадратора, выходы квадраторов через сумматор сигналов квадраторов связаны с коренатором, выход коренатора связан с одним входом сумматора момента, другим входом через дополнительный сумматор связанного с выходом сумматора сигналов всех силоизмерителей, выход сумматора момента связан с входом индикатора момента и с одним из входов компаратора, другой вход которого предназначен для восприятия сигнала постоянного восстанавливающего момента, другие входы сумматоров второй группы связаны с соответствующими источниками опорных напряжений.</p> <p>5. Устройство по п.4, отличающееся тем, что первый и четвертый сумматоры первой группы связаны с первым, второй и четвертый - со вторым, второй и третий - с третьим, первый и третий - с четвертым сумматором третьей группы, третьи входы сумматоров третьей группы связаны с выходом сумматора всех силоизмерителей; выходы силоизмерителей и сумматоров третьей группы попарно связаны с входами</p>

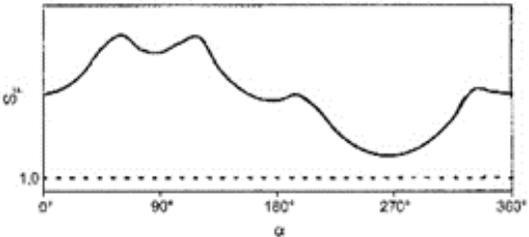
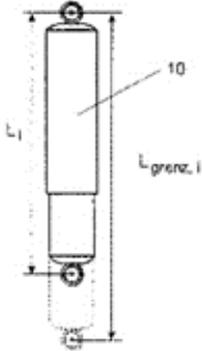
Продолжение таблицы А.1

1	2	3
		<p>соответствующих вычитателей, выходами через диоды связанных с одними входами элементов совпадения, другие входы элементов совпадения связаны с соответствующими выходами квадрантора положения стрелы, входом связанного с датчиком угла в плане опор, а выходы - со светоизлучателями индикатора состояния опор и управляющими входами ключей силоизмерителей, расположенных в конфигурации опор диаметрально противоположно соответствующим светоизлучателям опор, выходы ключей связаны с одним из входов компаратора состояния опор, вторым входом связанного с соответствующим источником опорного напряжения, а выходом с устройством управления приводами.</p> <p>6. Устройство по п.5, отличающееся тем, что оно снабжено креномером, двумя элементами 4 ИЛИ-НЕ и четвертой группой сумматоров, связанных первыми входами с выходами вычитателей, вторыми входами - с выходами креномера, а третьими входами через нормально замкнутый ключ - с соответствующим источником опорного напряжения, управляющий вход ключа связан с выходом дополнительного компаратора, связанного входами с выходом сумматора сигналов всех силоизмерителей и с тем же источником опорного напряжения, входы первого и второго элементов 4 ИЛИ-НЕ связаны с входами сумматоров четвертой группы и выходами креномера соответственно, а выходы - с дополнительной схемой совпадения, выход которой подключен к светоиндикатору установки крана на опоры.</p>

1	2	3
<p>RU 2 597 043 C2</p> <p>СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПОГРУЗОЧНОГО КРАНА, УСТАНОВЛЕННОГО НА ТРАНСПОРТНОМ СРЕДСТВЕ</p> <p>МПК В66С 23/90</p> <p>Авторы: ЦИНКЕ Томас (DE)</p>	<p>Фиг.1</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Способ контроля по меньшей мере одного параметра устойчивости установленного на транспортном средстве (1) погрузочного крана (2), причем транспортное средство (1) при работе крана опирается на грунт колесами (3а, 3b) и опорными элементами (4), отдельными от колес (3а, 3b), отличающийся тем, что как вкладыши колес (3а, 3b), так и вкладыши опорных элементов (4) в величину параметра устойчивости регистрируют и эту величину сравнивают с по меньшей мере одним predetermined предельным значением. 2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что при превышении или недостижении по меньшей мере одного predetermined предельного значения выдается по меньшей мере один предупредительный сигнал и/или проводится по меньшей мере одно мероприятие для повторного соблюдения по меньшей мере одного predetermined предельного значения. 3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что регистрируется угол (α) поворота погрузочного крана (2) вокруг вертикальной оси и/или регистрируется выдвинутое положение опорных элементов (4). 4. Способ по п. 3, отличающийся тем, что контролируется по меньшей мере один параметр устойчивости в зависимости от угла (α) поворота погрузочного крана (2) и/или в зависимости от выдвинутого положения опорных элементов (4). 5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что в качестве параметра устойчивости контролируется количество (а) колес (3а, 3b) и опорных элементов (4), через которые транспортное средство (1) опирается на грунт.

1	2	3
	<p>Фиг.2</p>	<p>6. Способ по п. 1, отличающийся тем, что в качестве параметра устойчивости контролируется коэффициент (SF) устойчивости силы, причем коэффициент (SF) устойчивости силы рассчитывается из опорных сил (Fi), возникающих через колеса (3а, 3b) и опорные элементы (4).</p> <p>7. Способ по п. 6, отличающийся тем, что коэффициент (SF) устойчивости силы рассчитывается по следующей формуле:</p> $S_F = \frac{\sum_{i=1}^{a_{ges}} F_i}{\sum_{i=1}^{a_{min}-1} F_{i,max}},$ <p>где (ages) - общее количество колес (3а, 3b) и опорных элементов (4), (amin) - predetermined минимальное количество колес (3а, 3b) и опорных элементов (4), через которые транспортное средство (1) должно опираться, по меньшей мере, на грунт и (Fi,max) - наибольшие (amin-1) опорные силы.</p> <p>8. Способ по п. 7, причем транспортное средство (1) является опираемым на грунт через два передних колеса (3а) и через два, в частности образованных в качестве сдвоенных колес, задних колеса (3b), а также через два выдвигаемых вбок опорных расширения (5) с соответственно двумя опорными элементами (4) и регистрируется угол (α) поворота погрузочного крана (2) вокруг вертикальной оси, как и регистрируется выдвинутое положение опорных элементов (4), отличающийся тем, что при полностью выдвинутых вбок опорных расширениях (5) в зависимости от угла (α) поворота погрузочного крана (2) выбирается amin=6 или amin=5, а при не полностью выдвинутых вбок опорных расширениях (5) выбирается amin=6.</p>

1	2	3
	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <div style="text-align: center;">  <p>Фиг.4а</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Фиг.4б</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>Фиг.3а</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Фиг.3б</p> </div> </div> </div>	<p>9. Способ по п. 7, причем транспортное средство (1) является опираемым на грунт через два передних колеса (3а) и через два, в частности образованных в качестве сдвоенных колес, задних колеса (3b), а также через одно выдвигаемое вбок опорное расширение (5) с двумя опорными элементами (4) и регистрируется угол (α) поворота погрузочного крана (2) вокруг вертикальной оси, как и регистрируется выдвинутое положение опорных элементов (4), отличающийся тем, что при полностью выдвинутом вбок опорном расширении (5) в зависимости от угла (α) поворота погрузочного крана (2) выбирается $a_{min}=6$ или $a_{min}=4$, а при не полностью выдвинутом вбок опорном расширении (5) выбирается $a_{min}=6$.</p> <p>10. Способ по п. 1, причем колеса (3а, 3b) транспортного средства (1) расположены на осях (6), отличающийся тем, что контролируются нагрузки на оси, причем нагрузки на оси рассчитываются из опорных сил (F_i), возникающих через колеса (3а, 3b).</p> <p>11. Способ по п. 6, отличающийся тем, что возникающие через колеса (3а, 3b) опорные силы (F_i) определяются через измерение ходов рессор.</p> <p>12. Способ по п. 1 или 7, отличающийся тем, что регистрируются длины (L_i) колебательных амортизаторов (10) колес (3а, 3b) и что контролируется коэффициент (SL) устойчивости длин, причем коэффициент (SL) устойчивости длин рассчитывается из измеренных длин (L_i).</p>

1	2	3
	<p>Фиг.5</p>  <p>Фиг.6</p> 	<p>13. Способ по п. 12, отличающийся тем, что коэффициент (SL) устойчивости длин рассчитывается по следующей</p> $S_L = \frac{\sum_{i=1}^{r_{ges}} L_{rest,i}}{\sum_{i=1}^{r_{min}-1} L_{rest,i,max}}, \text{ с } L_{rest,i} = L_{grenz,i} - L_i,$ <p>формуле: где</p> <p>(rges) - общее количество колес (3а, 3б), (rmin) - предопределенное минимальное количество колес (3а, 3б), через которые транспортное средство (1) должно опираться, по крайней мере, на грунт, (Lrest,i) - остаточные длины колебательных амортизаторов (10) до поднятия колес (3а, 3б), (Lgrenz,i) - предельные длины колебательных амортизаторов (10), при которых колеса (3а, 3б) поднимают с грунта, и (Lrest,i,max) наибольшие (rmin-1) остаточные длины колебательных амортизаторов (10).</p> <p>14. Способ по п. 7 или 13, отличающийся тем, что при работе крана соблюдается условие $SF > 1$ и/или условие $SL > 1.15$.</p> <p>Способ по п. 1, отличающийся тем, что рассчитываются кромки (Kj) опрокидывания транспортного средства (1) при работе крана.</p> <p>16. Способ по п. 15, отличающийся тем, что рассчитываются расстояния (li,Kj) от колес (3а, 3б) и опорных элементов (4) до кромок (Kj) опрокидывания.</p> <p>17. Способ по п. 16, причем регистрируется угол (α) поворота погрузочного крана (2) вокруг вертикальной оси и определяются опорные силы (Fi), возникающие через колеса (3а, 3б) и опорные элементы (4), отличающийся тем, что в зависимости от угла (α) поворота погрузочного крана (2) относительно мгновенной кромки (Ka) опрокидывания контролируется остаточный удерживающий момент (Mrest,Kα) в качестве параметра устойчивости,</p>

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
		<p>причем остаточный удерживающий момент ($M_{rest,K\alpha}$) рассчитывается по следующей формуле:</p> $M_{rest,K\alpha} = \sum_{i=1}^{a_{ges}} F_i \cdot l_{iK\alpha},$ <p>где (a_{ges}) - общее количество колес (3а, 3b) и опорных элементов (4).</p> <p>18. Устройство для контроля по меньшей мере одного параметра устойчивости установленного на транспортном средстве (1) погрузочного крана (2), причем транспортное средство (1) при работе крана выполнено с возможностью опирания на грунт одновременно через колеса (3а, 3b) и через опорные элементы (4), отдельные от колес (3а, 3b), отличающееся тем, что устройство имеет: - измерительные устройства опорного элемента и колеса, посредством которых могут быть зарегистрированы как вклады колес (3а, 3b), так и вклады опорных элементов (4) в величину по меньшей мере одного параметра устойчивости, и - блок (7) управления и регулировки, в который могут подаваться измерительные сигналы измерительных устройств опорного элемента и колеса, причем посредством блока (7) управления и регулировки может регистрироваться величина упомянутого по меньшей мере одного параметра устойчивости и сравниваться с по меньшей мере одним predetermined предельным значением.</p> <p>19. Устройство по п. 18, отличающееся тем, что посредством блока (7) управления и регулировки при превышении или недостижении упомянутого по меньшей мере одного predetermined предельного значения производится по меньшей мере один предупредительный сигнал и/или управляется по меньшей мере одно мероприятие</p>

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
		<p>для повторного соблюдения по меньшей мере одного predetermined предельного значения.</p> <p>20. Устройство по п. 18, отличающееся тем, что устройство имеет измерительное устройство угла поворота для регистрации угла (α) поворота погрузочного крана (2) вокруг вертикальной оси и/или измерительное устройство выдвинутого положения для регистрации выдвинутого положения опорных элементов (4), причем измерительные сигналы измерительного устройства угла поворота и/или выдвинутого положения могут передаваться к блоку (7) управления и регулировки.</p> <p>21. Устройство по п. 18, причем опорные элементы (4) расположены на по меньшей мере одном выдвигаемом вбок опорном расширении (5) и погрузочный кран (2) стоит на крановом основании (8), которое соединено с по меньшей мере одним опорным расширением (5), отличающееся тем, что измерительные устройства опорного элемента расположены в опорных элементах (4), и/или на соединении опорных элементов (4) с опорным расширением (5), и/или на соединении опорного расширения (5) с крановым основанием (8).</p> <p>22. Устройство по п. 18, отличающееся тем, что посредством измерительных устройств опорного элемента и колеса могут регистрироваться опорные силы (F_i), возникающие через колеса (3a, 3b) и опорные элементы (4).</p> <p>23. Устройство по п. 22, отличающееся тем, что возникающие через колеса (3a, 3b) опорные силы (F_i) могут регистрироваться через измерение ходов рессор.</p> <p>24. Устройство по п. 18, отличающееся тем, что посредством измерительных устройств колес могут регистрироваться длины (L_i) колебательных амортизаторов (10) колес (3a, 3b).</p>

1	2	3
		<p>25. Устройство по п. 18, отличающееся тем, что при работе крана посредством блока (7) управления и регулировки могут рассчитываться кромки (Kj) опрокидывания транспортного средства (1).</p> <p>26. Устройство по п. 25, отличающееся тем, что посредством блока (7) управления и регулировки могут рассчитываться расстояния (li,Kj) от колес (3а, 3b) и опорных элементов (4) до кромок (Kj) опрокидывания.</p> <p>27. Транспортное средство (1), на котором установлен погрузочный кран (2) и которое имеет колеса (3а, 3b), а также выдвигаемые опорные элементы (4), отличающееся тем, что транспортное средство (1) имеет устройство по п. 18.</p>
<p>RU 2 335 451 C1</p> <p>СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ГРУЗОПОДЪЕМНОГО КРАНА (ВАРИАНТЫ)</p> <p>МПК В66С 13/18 В66С 15/00 В66С 23/88</p> <p>Авторы: Коровин Владимир Андреевич (RU) Коровин Константин Владимирович (RU)</p>		<p>1. Система защиты грузоподъемного крана, содержащая датчики нагрузки и/или пространственного положения его элементов и/или сборочных узлов, исполнительное устройство и информационно-управляющий блок, выполненный на основе микроконтроллера с возможностью проводного и/или беспроводного подключения к нему упомянутых датчиков и исполнительного устройства и с возможностью вычислений координат элементов и/или сборочных узлов относительно границ рабочей зоны крана, и/или нагрузок в них, и/или запаса грузовой устойчивости крана, сравнения, по меньшей мере, одного из вычисленных значений этих параметров с допустимыми значениями, записанными в памяти информационно-управляющего блока, и формирования, в зависимости от результатов этих сравнений, сигналов управления исполнительным устройством, направленных на блокирование движений грузоподъемного крана из условия предотвращения превышения этих допустимых значений и на разрешение остальных движений крана, отличающаяся тем, что информационно-управляющий блок дополнительно выполнен с возможностью выявления параметра,</p>

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
		<p>превышение допустимого значения которого наиболее вероятно в текущий момент времени для текущего пространственного положения и/или для текущих условий работы грузоподъемного крана, а также с возможностью приоритетных сравнений этого параметра с его допустимым значением.</p> <p>2. Система по п.1, отличающаяся тем, что информационно-управляющий блок выполнен с возможностью использования математической модели крана для выявления параметра, превышение допустимого значения которого наиболее вероятно.</p> <p>3. Система по п.1 или 2, отличающаяся тем, что информационно-управляющий блок выполнен с возможностью выявления указанного параметра посредством определения наиболее нагруженного силового элемента или сборочного узла, или снижения запаса грузовой устойчивости грузоподъемного крана, или определения элемента или сборочного узла крана, приближающегося к препятствию на наименьшее расстояние, с учетом текущего пространственного положения, и/или текущих условий работы, и/или конфигурации грузоподъемного оборудования, и/или положения опор крана, и/или текущего значения скорости подъема/опускания и/или перемещения груза, и/или климатических параметров внешней среды, в частности температуры окружающей среды, и/или скорости ветра, и/или наличия осадков.</p> <p>4. Система по п.1 или 2, отличающаяся тем, что информационно-управляющий блок выполнен с возможностью выявления и запоминания предыстории приближения параметра к его допустимому значению и формирования сигналов управления исполнительным устройством, направленных на блокирование или разрешение различных движений крана, с учетом этой предыстории.</p>

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
		<p>5. Система по п.1 или 2, отличающаяся тем, что информационно-управляющий блок дополнительно содержит встроенное устройство индикации/сигнализации, и/или регистратор параметров, и/или запоминающее устройство или выполнен с возможностью подключения к нему, по меньшей мере, одного из этих устройств.</p> <p>6. Система защиты по п.1 или 2, отличающаяся тем, что, по меньшей мере, часть датчиков нагрузки и/или пространственного положения объединена, по меньшей мере, в одну группу по месту расположения этих датчиков на грузоподъемном кране, причем, по меньшей мере, одна группа снабжена контроллером, выполненным с возможностью преобразования и/или обработки выходных сигналов этих датчиков и их проводной или беспроводной передачи в информационно-управляющий блок.</p> <p>7. Система защиты грузоподъемного крана, содержащая датчики нагрузки и/или пространственного положения его элементов и/или сборочных узлов, исполнительное устройство и информационно-управляющий блок, выполненный на основе микроконтроллера с возможностью проводного и/или беспроводного подключения к нему упомянутых датчиков и исполнительного устройства и с возможностью вычислений координат элементов и/или сборочных узлов относительно границ рабочей зоны крана, и/или грузов в них, и/или запаса грузовой устойчивости крана с учетом параметров стрелового оборудования и/или опорного контура грузоподъемного крана, сравнения, по меньшей мере, одного из вычисленных значений этих параметров с допустимыми значениями, записанными в памяти информационно-управляющего блока, и формирования, в зависимости от результатов этих сравнений, сигналов управления исполнительным устройством,</p>

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
		<p>направленных на предотвращение превышения этих допустимых значений, отличающаяся тем, что информационно-управляющий блок дополнительно выполнен с возможностью автоматического определения параметров стрелового оборудования и/или опорного контура грузоподъемного крана, или предупреждения, и/или выявления, и/или исправления неправильных действий оператора при вводе этих параметров с возможностью последующего формирования предупреждающих информационных сигналов и/или сигналов управления исполнительным устройством, направленных на устранение последствий этих неправильных действий.</p> <p>8. Система защиты по п.7, отличающаяся тем, что информационно-управляющий блок выполнен с возможностью вывода на индикаторы информации о введенных параметрах стрелового оборудования и/или опорного контура и формирования сигналов управления исполнительным устройством, разрешающих работу крана, после подтверждения оператором правильности их ввода.</p> <p>9. Система защиты по п.7, отличающаяся тем, что информационно-управляющий блок выполнен с возможностью автоматического выявления неправильно введенных оператором параметров стрелового оборудования и/или опорного контура путем анализа характера изменения параметров работы крана, характеризующих нагрузку и/или пространственное положение его элементов и/или сборочных узлов.</p> <p>10. Система защиты по п.9, отличающаяся тем, что информационно-управляющий блок выполнен с возможностью автоматического выявления неправильно введенной оператором кратности запасовки грузового полиспаста.</p>

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
		<p>11. Система защиты по п.10, отличающаяся тем, что информационно-управляющий блок выполнен с возможностью автоматического выявления неправильно введенной оператором кратности запасовки грузового полиспаста путем сопоставления скорости перемещения крюковой обоймы или подъема/опускания груза и скорости перемещения грузового каната или угловой скорости барабана грузовой лебедки или путем сопоставления значения массы поднимаемого/перемещаемого груза, вычисленного на основании результатов измерения усилий в грузовом канате и усилия в стреловом канате или давлений в гидроцилиндре подъема стрелы.</p> <p>12. Система защиты по п.10, отличающаяся тем, что информационно-управляющий блок выполнен с возможностью автоматического выявления неправильно введенной оператором кратности запасовки грузового полиспаста путем сопоставления измеренных значений массы поднимаемого/перемещаемого груза и выходной мощности привода грузовой лебедки.</p> <p>13. Система защиты по п.12, отличающаяся тем, что информационно-управляющий блок выполнен с возможностью измерения выходной мощности привода грузовой лебедки путем измерения скорости перемещения грузового каната или угловой скорости барабана грузовой лебедки и момента, передаваемого валом грузовой лебедки, или величины давления в ее гидравлическом приводе, и последующего перемножения этих величин.</p> <p>14. Система защиты по п.10, отличающаяся тем, что информационно-управляющий блок выполнен с возможностью автоматического выявления неправильно введенной оператором кратности запасовки грузового полиспаста путем контроля возможности работы крана</p>

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
		<p>с введенным значением этой кратности для данной длины стрелы, в частности с введенным оператором параметром-признаком наличия гуська.</p> <p>15. Система защиты по любому из пп.7-14, отличающаяся тем, что информационно-управляющий блок выполнен с возможностью автоматического исправления величины введенной оператором кратности запасовки грузового полиспаста.</p> <p>16. Система защиты по п.15, отличающаяся тем, что информационно-управляющий блок выполнен с возможностью автоматической установки единичного значения кратности запасовки грузового полиспаста при введении оператором параметра-признака наличия гуська.</p> <p>17 Система защиты по п.9, отличающаяся тем, что информационно-управляющий блок выполнен с возможностью автоматического выявления неправильно введенного оператором параметра-признака наличия гуська.</p> <p>18. Система защиты по п.17, отличающаяся тем, что информационно-управляющий блок выполнен с возможностью автоматического выявления неправильно введенного оператором параметра-признака наличия гуська путем сопоставление изменения угла наклона или длины стрелы и соответствующего ему изменения грузового момента крана или путем сопоставления вычисленного значения грузового момента и момента инерции поворотной платформы крана с грузом, определяемого информационно-управляющим блоком с использованием результатов измерения ускорений и/или усилий или моментов в приводе поворота крана.</p>

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
		<p>19. Система защиты по п.7 или 9, отличающаяся тем, что информационно-управляющий блок выполнен с возможностью автоматического выявления неправильно введенных оператором параметров опорного контура и/или стрелового оборудования (в части длины стрелы/вылета, например, установки гуська) путем выявления несоответствий значений грузового момента, вычисленных с использованием результатов измерений усилий или давлений в механизмах выносных опор и в механизме поддержания стрелы крана.</p> <p>20. Система по любому из пп.7-14, 16-18, отличающаяся тем, что информационно-управляющий блок дополнительно или содержит встроенное устройство индикации/сигнализации, и/или регистратор параметров, и/или запоминающее устройство, или выполнен с возможностью подключения к нему, по меньшей мере, одного из этих устройств.</p> <p>21. Система по любому из пп.7-14, 16-18, отличающаяся тем, что, по меньшей мере, часть датчиков нагрузки и/или пространственного положения объединена, по меньшей мере, в одну группу по месту расположения этих датчиков на грузоподъемном кране, причем, по меньшей мере, одна группа снабжена контроллером, выполненным с возможностью преобразования и/или обработки выходных сигналов этих датчиков и их проводной или беспроводной передачи в информационно-управляющий блок.</p> <p>22. Система защиты грузоподъемного крана, содержащая датчики нагрузки и/или пространственного положения его элементов и/или сборочных узлов, исполнительное устройство и информационно-управляющий блок,</p>

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
		<p>22. Система защиты грузоподъемного крана, содержащая датчики нагрузки и/или пространственного положения его элементов и/или сборочных узлов, исполнительное устройство и информационно-управляющий блок, выполненный на основе микроконтроллера с возможностью проводного и/или беспроводного подключения к нему упомянутых датчиков и исполнительного устройства и с возможностью вычислений координат элементов и/или сборочных узлов относительно границ рабочей зоны крана, и/или нагрузок в них, и/или запаса грузовой устойчивости крана, сравнения, по меньшей мере, одного из вычисленных значений этих параметров с допустимыми значениями, записанными в памяти информационно-управляющего блока, и формирования, в зависимости от результатов этих сравнений, сигналов управления исполнительным устройством, направленных на предотвращение превышения этих допустимых значений, отличающаяся тем, что информационно-управляющий блок дополнительно выполнен с возможностью изменения допустимых значений параметров в зависимости от погрешности упомянутых датчиков.</p> <p>23. Система защиты по п.22, отличающаяся тем, что информационно-управляющий блок выполнен с возможностью автоматического снижения допустимых значений нагрузки и/или увеличения допустимого значения грузовой устойчивости при увеличении погрешности датчиков нагрузки и/или пространственного положения элементов и/или сборочных узлов грузоподъемного крана.</p> <p>24. Система защиты по п.23, отличающаяся тем, что информационно-управляющий блок выполнен с возможностью указанного снижения допустимых значений нагрузки и/или увеличения допустимого значения грузовой устойчивости в зависимости от априорно установленной</p>

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
		<p>максимальной погрешности датчиков при различных значениях температуры окружающей среды.</p> <p>25. Система по любому из пп.22-24, отличающаяся тем, что информационно-управляющий блок дополнительно или содержит встроенное устройство индикации/сигнализации, и/или регистратор параметров, и/или запоминающее устройство, или выполнен с возможностью подключения к нему, по меньшей мере, одного из этих устройств.</p>
<p>RU 2 325 317 C1</p> <p>СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНЫМ КРАНОМ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ</p> <p>МПК В66С 13/18</p> <p>Авторы: Затравкин Михаил Иванович (RU) Каминский Леонид Станиславович (RU) Маш Дмитрий Матвеевич (RU) Пятницкий Игорь Андреевич (RU) Фёдоров Игорь Германович (RU) Червяков Анатолий Петрович (RU)</p>	<p>Фиг. 1</p>	<p>1. Способ управления грузоподъемной машиной, включающий определение положения оборудования крана и нагрузки на грузозахватном органе, инициирование оператором движений оборудования крана путем воздействия на органы управления и отключение приводов оборудования крана при перегрузке, отличающийся тем, что до определения положения оборудования крана запоминают координаты препятствий на стройплощадке; в памяти процессора с помощью программных средств формируют контуры препятствий и отображают их на дисплее; по сигналам датчиков положения оборудования крана определяют координаты начального положения грузозахватного органа, задают координаты конечного положения грузозахватного органа (точки доставки грузозахватного органа с грузом или без груза), запоминают координаты начального и конечного положения грузозахватного органа и отображают начальное и конечное положение грузозахватного органа на дисплее; при инициировании крановщиком движений оборудования крана определяют прогнозируемую траекторию перемещения грузозахватного органа и отображают ее на дисплее;</p>

1	2	3
	<p style="text-align: center;">Фиг. 2</p>	<p>при отсутствии пересечения контуров препятствий прогнозируемой траекторией перемещения грузозахватного органа с учетом габаритов перемещаемого груза по координатам начального и конечного положения грузозахватного органа определяют направления независимых движений оборудования крана, каждого в отдельности, для доставки грузозахватного органа в конечную точку по кратчайшему пути за минимальное время; при пересечении контуров препятствий прогнозируемой траекторией перемещения грузозахватного органа определяют оптимальную траекторию перемещения грузозахватного органа с учетом габаритов перемещаемого груза и моменты включения и останова приводов оборудования крана, запоминают их и отображают оптимальную траекторию на дисплее; перемещение грузозахватного органа осуществляют в режимах гашения раскачивания груза, защиты крана от перегрузки и столкновений с препятствиями; при приближении грузозахватного органа на заданное расстояние к точке его доставки снижают скорость перемещения грузозахватного органа с последующим торможением и остановом движений оборудования крана в точке доставки грузозахватного органа.</p> <p>2. Способ по п.1, отличающийся тем, что контуры препятствий отображают на дисплее с дифференцированием по степени опасности перемещения возле них груза или оборудования крана.</p> <p>3. Способ по п.1, отличающийся тем, что оптимальную траекторию перемещения грузозахватного органа определяют путем автоматического перебора вариантов обхода препятствий с приоритетом движений оборудования крана в зависимости от вида препятствий и динамических свойств приводов оборудования крана.</p>

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
		<p>4. Устройство управления грузоподъемным краном, содержащее процессор, "n" датчиков положения оборудования крана, подключенных к соответствующим входам процессора, и датчик нагрузки, выход которого подключен к "n+1"-му входу процессора, отличающееся тем, что оно дополнительно содержит блок задания координат препятствий и датчик конечных координат грузозахватного органа, выходы которых подключены соответственно к "n+2"-му и "n+3"-му входам процессора, дисплей, первый вход которого подключен к первому выходу процессора, а второй вход - к выходу блока задания координат препятствий, и блок управления приводами, первый, второй и третий входы которого подключены соответственно ко второму, третьему и четвертому выходам процессора, при этом процессор приспособлен для определения контура препятствия и отображения его на дисплее; определения координат грузозахватного органа и отображения на дисплее его начального и конечного положения; определения прогнозируемой траектории перемещения грузозахватного органа и отображения ее на дисплее при иницировании оператором движений оборудования крана; формирования сигналов независимых движений оборудования крана, каждого в отдельности, для доставки грузозахватного органа в конечную точку по кратчайшему пути за минимальное время, если прогнозируемая траектория не пересекает контуры препятствий с учетом габаритов перемещаемого груза; определения оптимальной траектории перемещения грузозахватного органа с учетом габаритов перемещаемого груза и моментов включения и останова приводов, если прогнозируемая траектория пересекает контуры препятствий, и отображения оптимальной траектории на дисплее;</p>

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
		<p>формирования сигналов движений оборудования крана с гашением раскачивания груза, защиты крана от перегрузки и столкновений с препятствиями; снижения скорости перемещения грузозахватного органа при приближении его на заданное расстояние к точке доставки, с последующим торможением и остановом движений оборудования крана в точке доставки грузозахватного органа.</p> <p>4. Устройство управления грузоподъемным краном, содержащее процессор, "n" датчиков положения оборудования крана, подключенных к соответствующим входам процессора, и датчик нагрузки, выход которого подключен к "n+1"-му входу процессора, отличающееся тем, что оно дополнительно содержит блок задания координат препятствий и задатчик конечных координат грузозахватного органа, выходы которых подключены соответственно к "n+2"-му и "n+3"-му входам процессора, дисплей, первый вход которого подключен к первому выходу процессора, а второй вход - к выходу блока задания координат препятствий, и блок управления приводами, первый, второй и третий входы которого подключены соответственно ко второму, третьему и четвертому выходам процессора, при этом процессор приспособлен для определения контура препятствия и отображения его на дисплее; определения координат грузозахватного органа и отображения на дисплее его начального и конечного положения; определения прогнозируемой траектории перемещения грузозахватного органа и отображения ее на дисплее при иницировании оператором движений оборудования крана; формирования сигналов независимых движений оборудования крана, каждого в отдельности, для доставки грузозахватного органа в конечную точку по кратчайшему пути за минимальное время, если прогнозируемая траектория не пересекает контуры препятствий</p>

Продолжение таблицы А.1

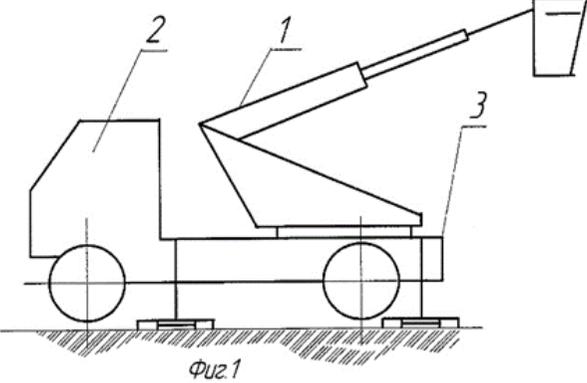
1	2	3
		<p>с учетом габаритов перемещаемого груза; определения оптимальной траектории перемещения грузозахватного органа с учетом габаритов перемещаемого груза и моментов включения и останова приводов, если прогнозируемая траектория пересекает контуры препятствий, и отображения оптимальной траектории на дисплее; формирования сигналов движений оборудования крана с гашением раскачивания груза, защиты крана от перегрузки и столкновений с препятствиями; снижения скорости перемещения грузозахватного органа при приближении его на заданное расстояние к точке доставки, с последующим торможением и остановом движений оборудования крана в точке доставки грузозахватного органа.</p> <p>4. Устройство управления грузоподъемным краном, содержащее процессор, "n" датчиков положения оборудования крана, подключенных к соответствующим входам процессора, и датчик нагрузки, выход которого подключен к "n+1"-му входу процессора, отличающееся тем, что оно дополнительно содержит блок задания координат препятствий и датчик конечных координат грузозахватного органа, выходы которых подключены соответственно к "n+2"-му и "n+3"-му входам процессора, дисплей, первый вход которого подключен к первому выходу процессора, а второй вход - к выходу блока задания координат препятствий, и блок управления приводами, первый, второй и третий входы которого подключены соответственно ко второму, третьему и четвертому выходам процессора, при этом процессор приспособлен для определения контура препятствия и отображения его на дисплее; определения координат грузозахватного органа и отображения на дисплее его начального и конечного положения; определения прогнозируемой траектории перемещения грузозахватного органа и отображения</p>

Продолжение таблицы А.1

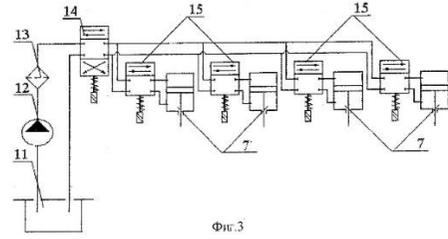
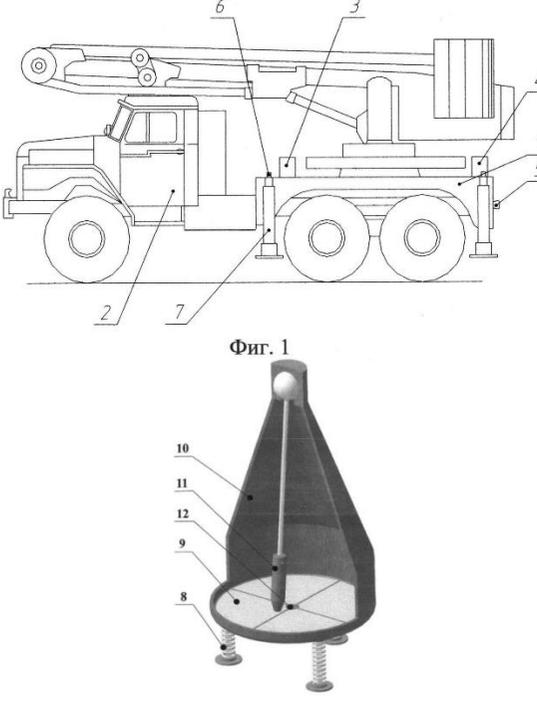
1	2	3
		<p>ее на дисплее при иницировании оператором движений оборудования крана; формирования сигналов независимых движений оборудования крана, каждого в отдельности, для доставки грузозахватного органа в конечную точку по кратчайшему пути за минимальное время, если прогнозируемая траектория не пересекает контуры препятствий с учетом габаритов перемещаемого груза; определения оптимальной траектории перемещения грузозахватного органа с учетом габаритов перемещаемого груза и моментов включения и останова приводов, если прогнозируемая траектория пересекает контуры препятствий, и отображения оптимальной траектории на дисплее; формирования сигналов движений оборудования крана с гашением раскачивания груза, защиты крана от перегрузки и столкновений с препятствиями; снижения скорости перемещения грузозахватного органа при приближении его на заданное расстояние к точке доставки, с последующим торможением и остановом движений оборудования крана в точке доставки грузозахватного органа.</p> <p>5. Устройство по п.4, отличающееся тем, что процессор дополнительно приспособлен для отображения контуров препятствий с дифференцированием их по степени опасности перемещения возле них груза или оборудования крана.</p> <p>6. Устройство по п.5, отличающееся тем, что процессор дополнительно приспособлен для определения оптимальной траектории перемещения грузозахватного органа путем автоматического перебора вариантов обхода препятствий с приоритетом движений оборудования крана в зависимости от вида препятствий и динамических свойств приводов оборудования крана.</p>

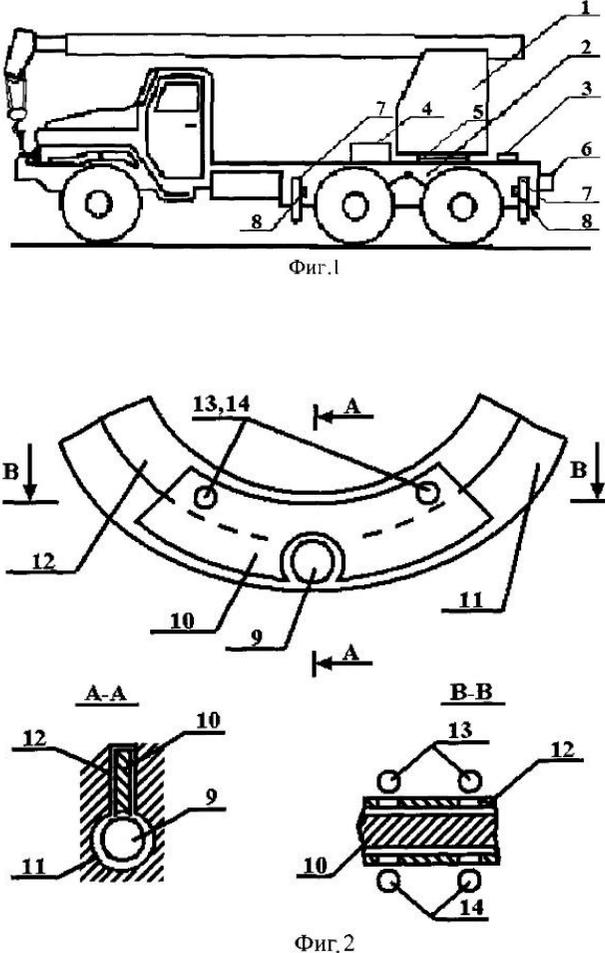
Продолжение таблицы А.1

1	2	3
		<p>7. Устройство по п.6, отличающееся тем, что процессор содержит блок задания начальных и конечных координат грузозахватного органа, блок определения фактических координат грузозахватного органа, блок определения пересечения траекторией перемещения грузозахватного органа контуров препятствий, блок определения фактической загрузки крана, блок гашения раскачивания груза, элемент «ИЛИ», два компаратора, блок определения режима движений, блок инициирования движений, блок снижения скоростей движения и блок останова движений оборудования, при этом выход блока определения фактических координат грузозахватного органа подключен к первым входам блока задания начальных и конечных координат грузозахватного органа, первого и второго компараторов; выход блока гашения раскачивания груза подключен к первому входу блока останова движений; выход блока определения фактической загрузки крана подключен ко вторым входам первого компаратора и блока останова движений; выход блока задания начальных и конечных координат грузозахватного органа подключен к первым входам блока определения пересечения траекторией перемещения грузозахватного органа контуров препятствий, блока определения режима движений и первого компаратора, а также ко второму входу второго компаратора; второй вход блока определения режима движений подключен к выходу блока определения пересечения траекторией перемещения грузозахватного органа контуров препятствий, а выход - к входу блока инициирования движений; второй вход первого компаратора подключен к выходу элемента "ИЛИ", а выход - к входу блока снижения скоростей движения оборудования; входы с первого по "n" блоков определения фактических координат грузозахватного органа,</p>

1	2	3
		<p>гашения раскачивания груза и определения фактической загрузки крана объединены и образуют соответствующие входы процессора; входы "n+1"-х блоков гашения раскачивания груза и определения фактической загрузки крана объединены и образуют соответствующие входы процессора; второй вход блока задания начальных и конечных координат грузозахватного органа образует "n+2"-й вход процессора; первым выходом процессора является выход блока задания начальных и конечных координат грузозахватного органа, вторым выходом - выход блока инициирования движений, третьим выходом - выход блока снижения скоростей движения оборудования, четвертым выходом - выход блока останова движений.</p>
<p>RU 2 268 231 C1</p> <p>СПОСОБ КОНТРОЛЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ</p> <p>МПК В66С 13/06</p> <p>Авторы: Гудков Юрий Иванович (RU) Тарасов Кирилл Витальевич (RU)</p>		<p>1. Способ контроля безопасной эксплуатации подъемно-транспортных машин, при котором измеряют длину стрелы, угол наклона стрелы, положение стрелы в плане, размеры опорного контура базовой машины с рамой на выносных опорах с подошвой и детектируют грузовой момент в опционном автоматическом ограничителе моментов, отличающийся тем, что, с целью контроля устойчивости и исключения опрокидывания подъемно-транспортной машины, контроль за контактом подошвы на выносных опорах с опорной поверхностью осуществляют путем, при котором создают вертикально направленные вниз нагрузки двумя гидроцилиндрами на подошву и выносную опору, поджимают их к опорной поверхности, регистрируют усилие поджатия под подошвой выносной опоры датчиком давления, преобразуют в аналого-цифровую форму в преобразователе аналогового измерительного сигнала в цифровой код, обрабатывают в динамическом режиме измерений на микро-ЭВМ, преобразуют в цифроаналоговый сигнал в преобразователе цифрового кода в аналоговую величину,</p>

1	2	3
	<p>Fig. 2</p>	<p>подают на гидрораспределитель и осуществляют одновременно двумя гидроцилиндрами поджатие выносной опоры с подошвой к опорной поверхности, при котором регистрируют усилие контакта под всеми подошвами машины с опорной поверхностью и сохраняют стабильное горизонтальное положение рамы машины относительно опорной поверхности.</p> <p>2. Устройство для осуществления способа по п.1, содержащее гидрораспределитель и два гидроцилиндра поршневых двустороннего действия с задней крышкой под сварку, жестко соединенные между собой так, что шток одного гидроцилиндра направлен вертикально вниз на подошву выносной опоры, а шток другого гидроцилиндра - вертикально вверх и через рычаг-коромысло соединен с выносной опорой, причем рычаг-коромысло смонтирован на раме выносной опоры с возможностью поворота в вертикальной плоскости.</p>
<p>RU 2 307 784 C1</p> <p>УСТРОЙСТВО АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫРАВНИВАНИЯ В ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ ОПОРНОЙ ПЛАТФОРМЫ ПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМОВ</p> <p>МПК В66С 23/78</p>	<p>Fig. 1</p> <p>Fig. 2</p>	<p>Устройство автоматического выравнивания в горизонтальной плоскости опорной платформы подъемных механизмов, содержащий передвижное шасси, выносные опорные гидравлические цилиндры, устройство управления, отличающееся тем, что устройство управления выполнено в виде электронного блока, имеет датчики контакта штоков гидравлических цилиндров с опорной поверхностью, датчики уровня горизонтального положения, расположенные по углам опорной платформы, представляющие собой цилиндры, выполненные из диэлектрического материала, заполненные токопроводящей жидкостью и соединенные между собой в пересечении трубопроводов с центральным датчиком, выполненным в виде цилиндра с эталонным уровнем жидкости для угловых датчиков при достижения ими горизонтального положения.</p>

1	2	3
<p>Авторы: Великанов Алексей Викторович (RU) Танчук Павел Владимирович (RU) Пурусов Юрий Михайлович (RU) Нилов Владимир Александрович (RU)</p>	 <p>Фиг. 3</p>	
<p>RU 2 556 136 C1</p> <p>УСТРОЙСТВО АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫРАВНИВАНИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМОВ</p> <p>МПК В66С В66С 23/90</p> <p>Авторы: Великанов Алексей Викторович (RU) Курганников Иван Владимирович (RU)</p>	 <p>Фиг. 1</p> <p>Фиг. 2</p>	<p>Устройство автоматического выравнивания грузоподъемных механизмов, состоящее из опорной платформы, передвижного шасси, выносных опорных гидравлических цилиндров, устройства управления, датчиков контакта штоков гидравлических цилиндров с опорной поверхностью, блока управления, датчика выравнивания опорной платформы в горизонтальное положение, отличающееся тем, что датчик выравнивания опорной платформы в горизонтальное положение установлен на опорной платформе посредством демпфирующего устройства для увеличения точности регулирования и содержит корпус в форме конуса, внутри которого расположены фотоэлементы, источник света, область по центру основания конуса для фиксации горизонтального положения.</p>

1	2	3
<p>RU 2 342 310 C1</p> <p>УСТРОЙСТВО АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫРАВНИВАНИЯ ОПОРНОЙ ПЛАТФОРМЫ</p> <p>МПК В66С 5/00 В66С 23/78</p> <p>Авторы: Великанов Алексей Викторович (RU) Иванищев Павел Иванович (RU) Танчук Павел Владимирович (RU) Нилов Владимир Александрович (RU)</p>	 <p>Фиг.1</p> <p>Фиг.2</p>	<p>Устройство автоматического выравнивания опорной платформы, содержащее опорную платформу передвижного шасси, поворотную кабину, выносные опорные гидравлические цилиндры, устройство управления, отличающееся тем, что на выносных гидравлических цилиндрах жестко закреплены датчики контакта штоков гидравлических цилиндров с опорной поверхностью, подающих сигнал о контакте всех штоков на усилительный блок управления, который в свою очередь усиливает сигнал с датчиков наклона, ориентированных в продольном и поперечном направлениях, представляющих собой тяжелый шарик и легкую шторку, которые имеют возможность перемещаться в тороидальном канале и кольцевой полости соответственно, до полного перекрытия светочувствительных элементов при достижении горизонтального положения.</p>

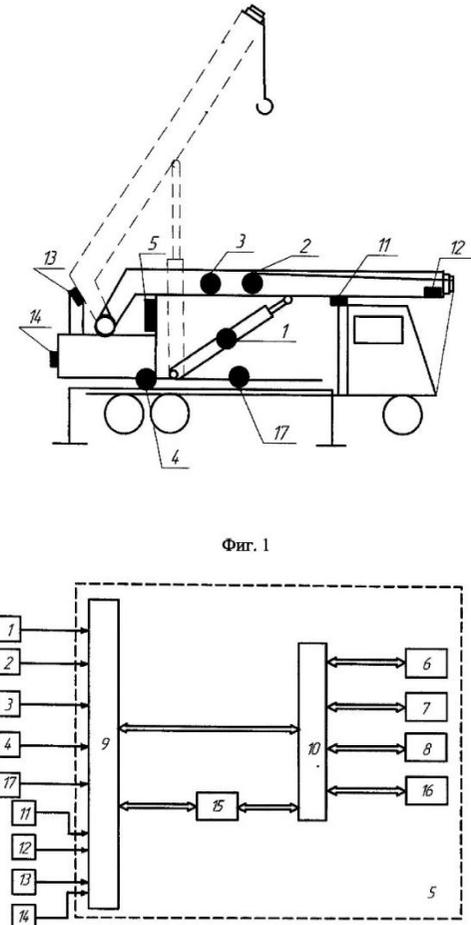
1	2	3
<p>RU 2 483 018 C1</p> <p>УСТРОЙСТВО ВЫРАВНИВАНИЯ ПЛАТФОРМЫ ПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМОВ</p> <p>МПК В66С 23/88</p> <p>Авторы: Великанов Алексей Викторович (RU) Великанова Нина Алексеевна (RU) Летуновский Константин Петрович (RU) Тылик Александр Васильевич (RU) Руденко Сергей Викторович (RU)</p>	<p>Fig. 1</p> <p>Fig. 2</p> <p>Fig. 3</p>	<p>Устройство выравнивания платформы подъемных механизмов, содержащее опорную платформу, передвижное шасси, выносные опорные гидравлические цилиндры, устройство управления, датчики контакта штоков гидравлических цилиндров с опорной поверхностью, блок управления, датчик уровня горизонтального положения, отличающееся тем, что датчик уровня горизонтального положения расположен по центру опорной платформы и состоит из корпуса, жестко закрепленного на опорной платформе перпендикулярно ее плоскости, в верхней части которого внутри по периферии расположены четыре коммутационных контакта, сориентированные по углам периметра опорной платформы, шаровой опоры с конусом, имеющим центр масс на оси конуса у основания, фиксирующей пружины.</p>

1	2	3
<p>RU 2 496 710 C2</p> <p>СПОСОБ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ- УСТАНОВКИ НЕСУЩЕЙ ГРУЗОВОЙ ПЛАТФОРМЫ</p> <p>МПК B66F 7/20 E21B 7/02 B66C 23/78</p> <p>Авторы: Артемов Валерий Валентинович (RU) Говоров Николай Сергеевич (RU) Говоров Сергей Николаевич (RU) Красноперов Алексей Валерьевич (RU) Молокин Юрий Валентинович (RU) Савельев Виктор Юрьевич (RU)</p>	<p>Фиг. 1</p> <p>Фиг. 2</p>	<p>1. Способ пространственной ориентации-установки несущей грузовой платформы, включающий первичную и окончательную установку, заключающийся в том, что в процессе первичной установки платформу предварительно устанавливают на рабочей площадке, после чего приводят одновременно в действие с одинаковой скоростью домкраты, присоединенные к платформе в ее периферийных зонах, в количестве не менее четырех; в процессе действия домкратов непрерывно измеряют развиваемое каждым из них усилие, определяя момент упора с определенным одинаковым усилием подвижной части каждого из домкратов в грунт рабочей площадки и в этот момент действие соответствующего домкрата останавливают; после остановки и упора всех домкратов в грунт с заданным усилием домкрата повторно приводят одновременно в действие с одинаковой скоростью, причем также непрерывно измеряют усилие упора каждого домкрата; по мере действия домкратов непрерывно вычисляют суммарное усилие всех домкратов и при достижении суммарным усилием всех домкратов заданной величины, составляющей определенную долю от веса платформы, останавливают действие всех домкратов, что завершает первичную установку; далее осуществляют окончательную установку, в процессе которой измеряют достигнутые в первичной установке угол крена и угол тангажа платформы; по знакам разности соответственно между заданными значениями углов тангажа и крена и достигнутыми в результате первичной установки значениями углов тангажа и крена определяют опорный домкрат-домкрат, которому необходимо нулевое перемещение подвижной части до заданного положения ориентации платформы, и скоростной домкрат-домкрат, которому необходимо максимальное перемещение подвижной части до заданного положения ориентации платформы;</p>

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
		<p>далее вычисляют перемещения для подвижной части каждого домкрата, потребные для достижения заданных значений угла крена и угла тангажа платформы, при условии неподвижности подвижной части опорного домкрата, потребное перемещение которой задается нулевым; далее задают значение скорости перемещения подвижной части скоростного домкрата; вычисляют достигнутые разности заданных и достигнутых значений соответственно угла тангажа и угла крена и сравнивают модули этих разностей с величиной допуска по каждому из указанных углов, при удовлетворительных результатах сравнения положение домкратов фиксируют; при неудовлетворительных результатах сравнения осуществляют повторную окончательную установку, отличающийся тем, что после задания значения скорости перемещения подвижной части домкрата вычисляют время действия домкратов как отношение потребного перемещения подвижной части скоростного домкрата к его заданной скорости; далее вычисляют скорость перемещения подвижной части каждого домкрата как отношение рассчитанного для данного домкрата потребного перемещения к времени действия домкратов; далее начинают отсчет времени и одновременно приводят в действие все домкраты, кроме опорного, задавая движению подвижной части каждого домкрата вычисленную для нее скорость; далее, по истечении времени действия домкратов с начала его отсчета, все домкраты останавливают.</p> <p>2. Способ по п.1, отличающийся тем, что первичную установку завершают при достижении суммарным усилием всех домкратов величины, составляющей половину от веса платформы с размещенным на ней оборудованием.</p> <p>3. Способ по п.1, отличающийся тем, что все необходимые вычисления и управление скоростями и перемещениями домкратов осуществляют в автоматическом режиме с использованием процессорного блока алгоритмической обработки информации.</p>

1	2	3
<p>RU 2 316 467 C1</p> <p>СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ГРУЗОПОДЪЕМНОГО КРАНА</p> <p>МПК В66С 23/88 В66С 13/18</p> <p>Авторы: Ерзутов Александр Васильевич (RU) Зарецкий Анатолий Абрамович (RU) Затравкин Михаил Иванович (RU) Каминский Леонид Станиславович (RU) Маш Дмитрий Матвеевич (RU) Пятницкий Игорь Андреевич (RU) Федоров Игорь Германович (RU) Червяков Анатолий Петрович (RU)</p>	<p>Фиг. 1</p> <p>Фиг. 2</p>	<p>Система защиты грузоподъемного крана, содержащая цифровой вычислитель, внешнее запоминающее устройство, исполнительный блок и датчики параметров крана, подключенные к первому входу цифрового вычислителя, ко второму входу которого подключено внешнее запоминающее устройство, а к первому выходу - первый вход исполнительного блока, отличающаяся тем, что исполнительный блок выполнен со вторым входом, а цифровой вычислитель выполнен со вторым выходом и содержит блок расчета вылета, блок расчета нагрузки на грузозахватном органе, блок определения момента, три компаратора и элемент ИЛИ, при этом входы блоков расчета вылета, расчета нагрузки на грузозахватном органе и определения момента образуют первый вход цифрового вычислителя, а выходы указанных блоков подключены к первым входам соответственно первого, второго и третьего компараторов, вторые входы которых образуют второй вход цифрового вычислителя, выходы первого и второго компараторов подключены соответственно к первому и второму входам элемента ИЛИ, выход которого является первым выходом цифрового вычислителя, а выход третьего компаратора является вторым выходом цифрового вычислителя, к которому подключен второй вход исполнительного блока.</p>

1	2	3
<p>RU 56887 U1</p> <p>СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ ГРУЗОПОДЪЕМНОГО КРАНА</p> <p>МПК В66С 13/18</p> <p>Авторы: Затравкин Михаил Иванович (RU) Ерзутов Александр Васильевич (RU) Каминский Леонид Станиславович (RU) Маш Дмитрий Матвеевич (RU) Пятницкий Игорь Андреевич (RU) Спицын Михаил Иванович (RU) Федоров Игорь Германович (RU) Червяков Анатолий Петрович (RU)</p>	 <p>Фиг. 1</p> <p>Фиг. 2</p>	<p>1. Система безопасности грузоподъемного крана, содержащая датчики рабочих параметров крана, подключенные к аналоговым входам устройства ввода-вывода блока управления, включающего в себя также магистраль связи данных и адресов, центральный процессор, постоянное и оперативное запоминающие устройства, отличающаяся тем, что она снабжена сигнализаторами заданного положения датчиков, подключенными к дискретным входам устройства ввода-вывода, и блоком стробирования данных датчиков, вход которого подключен к выходу устройства ввода-вывода, а выход - к магистрали связи данных и адресов, к которой, в свою очередь, подсоединено телеметрическое запоминающее устройство для записи стробированных данных датчиков.</p> <p>2. Система по п.1, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит датчик горизонтального положения платформы крана, выход которого подключен к дополнительному дискретному входу устройства ввода-вывода блока управления.</p> <p>3. Система по п.1, отличающаяся тем, что сигнализаторами заданного положения датчиков являются путевые переключатели.</p>

1	2	3
<p>RU 2 306 255 C1</p> <p>СПОСОБ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ АВАРИЙ ПРИ РАБОТЕ ГРУЗОПОДЪЕМНОГО КРАНА И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ (ВАРИАНТЫ)</p> <p>МПК В66С 23/88 В66С 13/18 В66С 15/00</p> <p>Авторы: Коровин Владимир Андреевич (RU) Коровин Константин Владимирович (RU)</p>		<p>1. Способ предотвращения аварий при работе грузоподъемного крана путем предварительного определения допустимых значений параметров, характеризующих нагрузку и/или пространственное положение его стрелы и/или грузозахватного органа, их запоминания, измерения в процессе работы грузоподъемного крана прямым или косвенным методом по меньшей мере одного из указанных параметров, сравнения его измеренного значения с допустимым и последующего формирования по меньшей мере одного сигнала управления по меньшей мере одним исполнительным устройством грузоподъемного крана, направленного на предотвращение превышения этим параметром допустимого значения, отличающийся тем, что при измерении по меньшей мере одного параметра, характеризующего пространственное положение стрелы и/или грузозахватного органа грузоподъемного крана, измеряют величину атмосферного давления вблизи какой-либо части его стрелы или грузозахватного органа и величину атмосферного давления в точке с известной высотой, расположенной на грузоподъемном кране или вблизи него, и по предварительно запомненной зависимости с использованием разности или отношения величин этих давлений вычисляют высоту этой части стрелы или грузозахватного органа.</p> <p>2. Способ по п.1, отличающийся тем, что измерение величины атмосферного давления осуществляют на оголовке стрелы или на крюковой обойме грузоподъемного крана и с использованием этой величины вычисляют соответственно высоту оголовка стрелы или высоту подъема грузозахватного органа или груза.</p>

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
		<p>3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что дополнительно измеряют значение температуры и/или влажности атмосферного воздуха и используют это значение при указанном вычислении высоты.</p> <p>4. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что на грузоподъемном кране осуществляют беспроводную передачу в вычислительное устройство сигналов, содержащих информацию об измеренной величине атмосферного давления и/или о вычисленном значении высоты, причем эту передачу осуществляют с оголовка стрелы, или с крюковой обоймы, или с грузозахватного органа грузоподъемного крана.</p> <p>5. Способ предотвращения аварий при работе грузоподъемного крана путем предварительного определения допустимых значений параметров, характеризующих нагрузку и/или пространственное положение его стрелы и/или грузозахватного органа, их запоминания, измерения в процессе работы грузоподъемного крана прямым или косвенным методом по меньшей мере одного из указанных параметров, сравнения его измеренного значения с допустимым и последующего формирования по меньшей мере одного сигнала управления по меньшей мере одним исполнительным устройством грузоподъемного крана, направленного на предотвращение превышения этим параметром допустимого значения, отличающийся тем, что дополнительно измеряют величину атмосферного давления вблизи какой-либо части стрелы и/или грузозахватного органа грузоподъемного крана и величину атмосферного давления в какой-либо части стрелы и/или грузозахватного органа другого грузоподъемного крана или в какой-либо точке препятствия, расположенного вблизи грузоподъемного крана, по предварительно запомненной зависимости с использованием разности или отношения величин этих</p>

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
		<p>давлений вычисляют разность высот частей стрел и/или грузозахватных органов грузоподъемных кранов или разность высот какой-либо части стрелы или грузозахватного органа грузоподъемного крана и препятствия, после чего с использованием этой разности высот вычисляют расстояние между стрелой и/или грузозахватным органом грузоподъемного крана и стрелой и/или грузозахватным органом другого грузоподъемного крана или препятствием, сравнивают величину вычисленного расстояния с предварительно установленной и запомненной допустимой величиной и при уменьшении величины вычисленного расстояния до установленной величины формируют предупреждающий сигнал для крановщика или по меньшей мере один сигнал управления исполнительным устройством, направленный на предотвращение движения стрелы или грузозахватного органа грузоподъемного крана в сторону стрелы или грузозахватного органа другого грузоподъемного крана или в сторону препятствия.</p> <p>6. Способ по п.5, отличающийся тем, что измерение величины атмосферного давления осуществляют на оголовке стрелы, или на крюковой обойме, или на грузозахватном органе грузоподъемного крана и с использованием этой величины вычисляют соответственно высоту оголовка стрелы или высоту подъема груза, крюковой обоймы или грузозахватного органа, после чего используют эту высоту при вычислении указанного расстояния.</p> <p>7. Способ по п.5 или 6, отличающийся тем, что дополнительно измеряют значение температуры и/или влажности атмосферного воздуха и используют это значение при указанном вычислении высоты или разности высот.</p> <p>8. Способ по п.5, отличающийся тем, что на стреле грузоподъемного крана, а также на стреле другого грузоподъемного крана или на препятствии устанавливают</p>

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
		<p>устройства для определения их пространственного положения в горизонтальной плоскости и передают выходные сигналы этих устройств в вычислительное устройство, а вычисление указанного расстояния между стрелой грузоподъемного крана и стрелой другого грузоподъемного крана или препятствием осуществляют с учетом их пространственного положения в горизонтальной плоскости.</p> <p>9. Способ по п.8, отличающийся тем, что в качестве устройств для определения пространственного положения в горизонтальной плоскости используют приемники системы глобального спутникового позиционирования.</p> <p>10. Способ по п.5, отличающийся тем, что на стреле грузоподъемного крана, а также на стреле другого грузоподъемного крана или на препятствии дополнительно устанавливают устройства для определения их углового положения в горизонтальной плоскости, передают выходные сигналы этих устройств в вычислительное устройство, а указанное расстояние между стрелой грузоподъемного крана и стрелой другого грузоподъемного крана или препятствием вычисляют с учетом их угловых положений.</p> <p>11. Способ по п.10, отличающийся тем, что в качестве устройств для определения углового положения в горизонтальной плоскости используют электронные магнитные компасы.</p> <p>12. Способ по одному из пп.5, 8 или 10, отличающийся тем, что допустимую величину указанного расстояния определяют из условия предотвращения столкновений стрелы и/или грузозахватного органа грузоподъемного крана со стрелой и/или с грузозахватным органом другого грузоподъемного крана или с препятствием в динамических режимах работы грузоподъемного крана и запоминают в виде функции его нагрузки, и/или скорости движения, и/или</p>

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
		<p>с грузозахватным органом другого грузоподъемного крана или с препятствием в динамических режимах работы грузоподъемного крана и запоминают в виде функции его нагрузки, и/или скорости движения, и/или пространственного положения его стрелы и/или грузозахватного органа.</p> <p>13. Способ по одному из пп.5, 6, 8 или 10, отличающийся тем, что указанную передачу в вычислительное устройство по меньшей мере одного сигнала, содержащего информацию об измеренной величине атмосферного давления, и/или о значении высоты, вычисленной с использованием величины этого давления, и/или о пространственном и/или об угловом положении какой-либо части стрелы и/или грузозахватного органа грузоподъемного крана, и/или препятствия осуществляют с использованием беспроводного канала связи.</p> <p>14. Способ по п.13, отличающийся тем, что в качестве беспроводного канала связи используют радиоканал, организованный между грузоподъемным краном и другим грузоподъемным краном или препятствием, или сеть сотовой связи.</p> <p>15. Способ по одному из пп.5, 6, 8 или 10, отличающийся тем, что вычисление расстояния между стрелой и/или грузозахватным органом грузоподъемного крана и стрелой и/или грузозахватным органом другого грузоподъемного крана или препятствием осуществляют с использованием математических моделей грузоподъемного крана и второго грузоподъемного крана и/или препятствия, которые сохраняют в энергонезависимой памяти вычислительного устройства.</p> <p>16. Способ предотвращения аварий при работе грузоподъемного крана путем предварительного определения допустимых значений параметров, характеризующих нагрузку и/или пространственное положение его стрелы и/или грузозахватного органа, их запоминания, измерения в</p>

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
		<p>процессе работы грузоподъемного крана прямым или косвенным методом по меньшей мере одного из указанных параметров, сравнения его измеренного значения с допустимым и последующего формирования по меньшей мере одного сигнала управления по меньшей мере одним исполнительным устройством грузоподъемного крана, направленного на предотвращение превышения этим параметром допустимого значения, отличающийся тем, что дополнительно измеряют величины атмосферного давления в каких-либо точках опор грузоподъемного крана или вблизи них и по предварительно запомненной зависимости с использованием разности или отношения величин этих давлений вычисляют разность высот различных опор или величину угла отклонения платформы или портала грузоподъемного крана от горизонтального положения, сравнивают эту разность высот или эту величину угла с соответствующей предварительно установленной и запомненной величиной и в случае превышения установленной величины формируют предупреждающий сигнал для крановщика, или уменьшают величину допустимого значения параметра, характеризующего нагрузку на кран, или формируют по меньшей мере один сигнал управления исполнительным устройством, блокирующий работу грузоподъемного крана.</p> <p>17. Способ по п.16, отличающийся тем, что сигналы о величинах атмосферного давления с опор грузоподъемного крана передают в вычислительное устройство с использованием беспроводного канала связи.</p> <p>18. Способ предотвращения аварий при работе грузоподъемного крана путем предварительного определения допустимых значений параметров, характеризующих нагрузку и/или пространственное положение его стрелы и/или грузозахватного органа, их запоминания, измерения в</p>

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
		<p>процессе работы грузоподъемного крана прямым или косвенным методом по меньшей мере одного из указанных параметров, сравнения его измеренного значения с допустимым и последующего формирования по меньшей мере одного сигнала управления по меньшей мере одним исполнительным устройством грузоподъемного крана, направленного на предотвращение превышения этим параметром допустимого значения, отличающийся тем, что дополнительно измеряют атмосферное давление в какой-либо точке грузоподъемного крана или вблизи него, определяют скорость изменения атмосферного давления или величину его изменения за предварительно установленный интервал времени, сравнивают значение этой скорости или величины этого изменения с соответствующей заранее установленной и запомненной величиной, путем выявления превышения установленной величины выявляют приближение грозы, после чего формируют предупреждающий сигнал для крановщика, или уменьшают величину допустимого значения параметра, характеризующего нагрузку на кран, или формируют сигнал управления исполнительным устройством, блокирующий работу грузоподъемного крана.</p> <p>19. Способ по п.18, отличающийся тем, что дополнительно измеряют электризацию, и/или температуру, и/или влажность воздуха и в зависимости от текущих значений и характера изменения во времени результатов этих измерений по заранее установленной и запомненной зависимости изменяют величину установленной скорости изменения атмосферного давления или величину его изменения за предварительно установленный интервал времени, соответствующую приближению грозы.</p>

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
		<p>20. Устройство для предотвращения аварий при работе грузоподъемного крана, содержащее датчики нагрузки и/или пространственного положения стрелы и/или грузозахватного органа грузоподъемного крана, выходное устройство и цифровой вычислитель, выполненный на основе микроконтроллера с возможностью запоминания допустимых значений параметров, характеризующих нагрузку, и/или пространственное положение стрелы и/или грузозахватного органа грузоподъемного крана, с возможностью измерения в процессе работы грузоподъемного крана прямым или косвенным методом по меньшей мере одного из указанных параметров при помощи упомянутых датчиков, с возможностью сравнения измеренного значения этого параметра с допустимым и последующего формирования по меньшей мере одного сигнала управления, направленного на предотвращение превышения этим параметром допустимого значения, и передачи этого сигнала управления на выходное устройство, выход которого подключен по меньшей мере к одному исполнительному устройству грузоподъемного крана, отличающееся тем, что оно дополнительно содержит по меньшей мере один датчик атмосферного давления, размещенный на грузоподъемном кране, выход которого при помощи проводного или беспроводного канала связи соединен с цифровым вычислителем, который выполнен с возможностью обработки выходного сигнала этого датчика по предварительно установленной и запомненной зависимости и выявления в результате этой обработки в соответствии с видом этой зависимости недопустимых перемещений стрелы и/или грузозахватного органа грузоподъемного крана, и/или негоризонтального положения платформы или портала грузоподъемного крана, и/или приближения грозы,</p>

Продолжение таблицы А.1

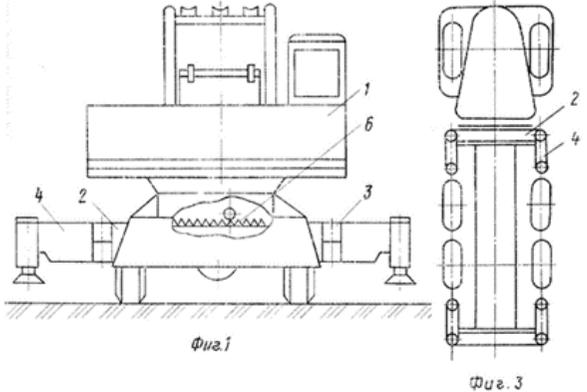
1	2	3
		<p>а также с возможностью последующего формирования предупреждающего сигнала для крановщика, или уменьшения величины допустимого значения параметра, характеризующего нагрузку на грузоподъемный кран, или передачи на выходное устройство сигнала управления, блокирующего работу грузоподъемного крана.</p> <p>21. Устройство по п.20, отличающееся тем, что оно дополнительно содержит второй датчик атмосферного давления, расположенный на грузоподъемном кране или вблизи него в точке с известной высотой и подключенный к цифровому вычислителю, при этом первый датчик атмосферного давления размещен на какой-либо части стрелы или на грузозахватном органе грузоподъемного крана, а цифровой вычислитель выполнен с возможностью вычисления высоты этой части стрелы или грузозахватного органа.</p> <p>22. Устройство по п.20, отличающееся тем, что оно дополнительно содержит второй датчик атмосферного давления, расположенный на какой-либо части стрелы или грузозахватного органа другого грузоподъемного крана или на каком-либо препятствии и подключенный к цифровому вычислителю посредством проводного или беспроводного канала связи, причем первый датчик атмосферного давления расположен на какой-либо части стрелы и/или грузозахватного органа грузоподъемного крана, а цифровой вычислитель выполнен с возможностью вычисления разности высот частей стрел и/или грузозахватных органов грузоподъемных кранов или разности высот какой-либо части стрелы или грузозахватного органа грузоподъемного крана и препятствия, с возможностью вычисления расстояния между стрелой и/или грузозахватным органом грузоподъемного крана и стрелой и/или грузозахватным органом другого грузоподъемного крана или препятствием с</p>

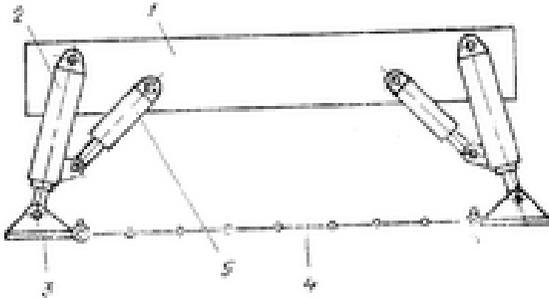
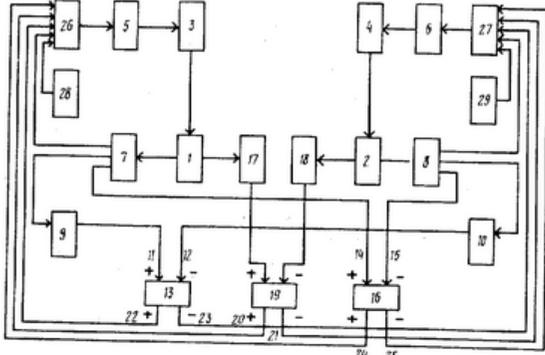
Продолжение таблицы А.1

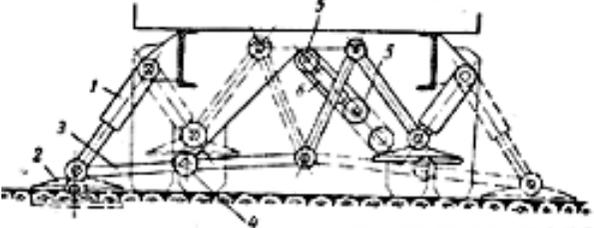
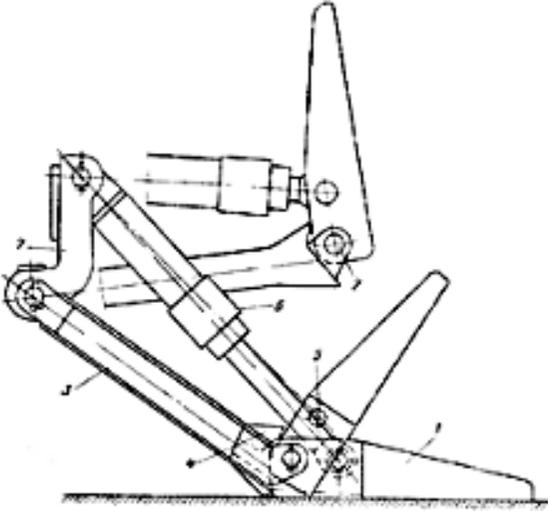
1	2	3
		<p>использованием этой разности высот, а также с возможностью сравнения вычисленного расстояния с предварительно установленной и запомненной допустимой величиной этого расстояния и с возможностью формирования указанного предупреждающего сигнала или передачи на выходное устройство сигнала управления, блокирующего движения грузоподъемного крана, в случае уменьшения этого расстояния до установленной допустимой величины.</p> <p>23. Устройство по п.22, отличающееся тем, что на какой-либо части стрелы или грузозахватного органа грузоподъемного крана, а также на какой-либо части стрелы или грузозахватного органа другого грузоподъемного крана или на каком-либо препятствии дополнительно установлены устройства для определения их линейного и/или углового положения в горизонтальной плоскости, выходы которых с использованием проводного или беспроводного канала связи соединены с цифровым вычислителем, который выполнен с возможностью вычисления расстояния между стрелой и/или грузозахватным органом грузоподъемного крана и стрелой и/или грузозахватным органом другого грузоподъемного крана или препятствием с учетом их положений в горизонтальной плоскости.</p> <p>24. Устройство по п.20, отличающееся тем, что оно дополнительно содержит датчики электризации, и/или температуры, и/или влажности воздуха, выходы которых с использованием проводного или беспроводного канала связи соединены с цифровым вычислителем, который выполнен с возможностью вычисления момента времени наступления грозы с использованием выходных сигналов этих датчиков и датчика атмосферного давления.</p> <p>25. Устройство по п.20, отличающееся тем, что оно содержит по меньшей мере два датчика атмосферного давления, прикрепленных к опорам грузоподъемного крана и</p>

1	2	3
		<p>подключенных к цифровому вычислителю, который выполнен с возможностью вычисления разности высот различных опор или величины угла отклонения платформы или портала грузоподъемного крана от горизонтального положения, сравнения этой разности высот или величины угла с соответствующей предварительно установленной и запомненной величиной и формирования указанного предупреждающего сигнала, или уменьшения величины допустимого значения параметра, характеризующего нагрузку на кран, или формирования сигнала управления исполнительным устройством, блокирующего работу грузоподъемного крана.</p>
<p>RU 47341 U1</p> <p>СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ГРУЗОПОДЪЕМНОГО КРАНА</p> <p>МПК В66С 13/18</p> <p>Авторы: Коровин Владимир Андреевич (RU) Коровин Константин Владимирович (RU)</p>		<p>1. Система безопасности гидравлического грузоподъемного крана, имеющего гидравлическую систему ручного управления с по меньшей мере одним электрогидравлическим клапаном, содержащая блок обработки данных, мультиплексный канал обмена данными и датчики рабочих параметров грузоподъемного крана, подключенные к мультиплексному каналу обмена данными, отличающаяся тем, что она снабжена датчиками положения органов ручного управления гидравлической системы крана и выходным блоком, подключенным к мультиплексному каналу обмена данными, причем по меньшей мере один выход выходного блока подключен к по меньшей мере одному электрогидравлическому клапану, а входы этого блока соединены с датчиками положения органов управления гидравлической системы крана.</p> <p>2. Система по п.1, отличающаяся тем, что выходной блок размещен в той конструкционной зоне крана, в которой размещены датчики положения органов ручного управления гидравлической системы крана или по меньшей мере один электрогидравлический клапан, в частности в нижней части кабины или под полом кабины крана.</p>

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
		<p>3. Система по п.1 или 2, отличающаяся тем, что блок обработки данных содержит микроконтроллер или цифровую вычислительную машину и подключенные к ней блок памяти, индикаторы и устройство сопряжения с мультиплексным каналом обмена данными, выполненное, в частности, в виде трансивера или драйвера этого мультиплексного канала.</p> <p>4. Система по п.1 или 2, отличающаяся тем, что выходной блок содержит микроконтроллер и подключенные к нему по меньшей мере один силовой ключ, устройство сопряжения с датчиками положения органов ручного управления гидравлической системы крана и устройство сопряжения с мультиплексным каналом обмена данными, выполненное, в частности, в виде трансивера или драйвера этого мультиплексного канала, причем выходы по меньшей мере одного силового ключа подключены к по меньшей мере одному электрогидравлическому клапану.</p>
<p>SU 1 425 169 A1</p> <p>Выносная опора грузоподъемной машины</p> <p>МПК В66С 23/78</p> <p>Авторы: ШАХОВ АЛЕКСЕЙ ДМИТРИЕВИЧ</p>	 <p>Фиг.1</p> <p>Фиг.3</p>	<p>Выносная опора грузоподъемной машины, содержащая закрепленную на раме машины горизонтальную балку с шарнирно смонтированными на ее концах поворотными в горизонтальной плоскости и выполненными с возможностью фиксации при переводе опоры в рабочее положение балками, несущими выдвижные опорные пяты, отличающаяся тем, что, с целью повышения удобства эксплуатации, горизонтальная балка установлена с возможностью продольного перемещения в обе стороны относительно ее поперечной оси.</p>

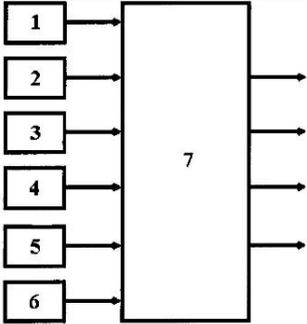
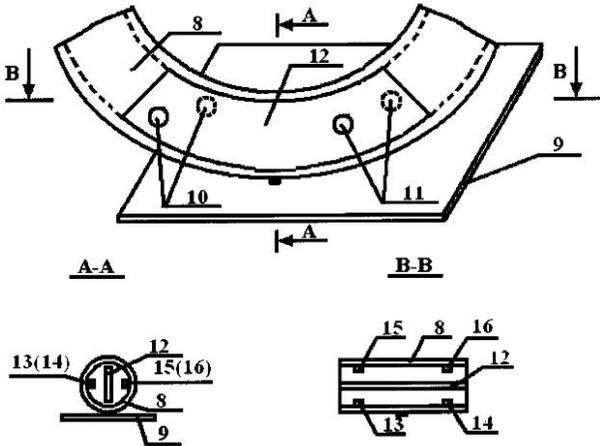
1	2	3
<p>SU 391242 A1</p> <p>Выносная опора строительных машин</p> <p>МПК E02F 9/02</p> <p>Авторы: Цуриков А.А.</p>		<p>Выносная опора строительных машин, состоящая из рамы п опорных цилиндров с плитами, соединенными гусеничной цепью, отличающаяся тем, что, с целью обеспечения натяжения гусеничной цепи, опорные цилиндры закреплены на раме шарнирно и дополнительно соединены с ней при помощи шарнирно установленных между рамой п опорными цилиндрами силовых цилиндров.</p>
<p>SU 922041 A1</p> <p>Устройство для устранения перекоса опор крана</p> <p>МПК B66C 9/16</p> <p>Авторы: ГЕРАСИМЯК РОСТИСЛАВ ПАВЛОВИЧ КОВРИГИН ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ ЛАТЫШЕНОК ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ КОЙЧЕВ ВЛАДИСЛАВ СТЕПАНОВИЧ</p>		<p>Устройство для устранения перекоса опор крана, содержащее датчики скорости опор крана, датчики пути опор крана, которых подключены к входу блока выделения ошибки по пути, а также блоки управления регуляторами двигателей опор крана, отличающееся тем, что, с целью повышения точности устранения перекоса при ускорении опор, оно снабжено сумматорами. выполненными с разнополярными входами и разнополярными выходами, и блоками дифференцирования, вход каждого из которых подключен к выходу соответствующего датчика скорости а выход блоков дифференцирования подсоединен к соответствующему входу первого сумматора, причем входы второго сумматора подключены к выходам датчиков скорости, а соответствующие выходы первого и второго сумматоров и блока выделения ошибки пути подключены к входам соответственно третьего и четвертого сумматоров, выходы которых подсоединены к входам блоков управления регуляторами двигателей опор крана.</p>

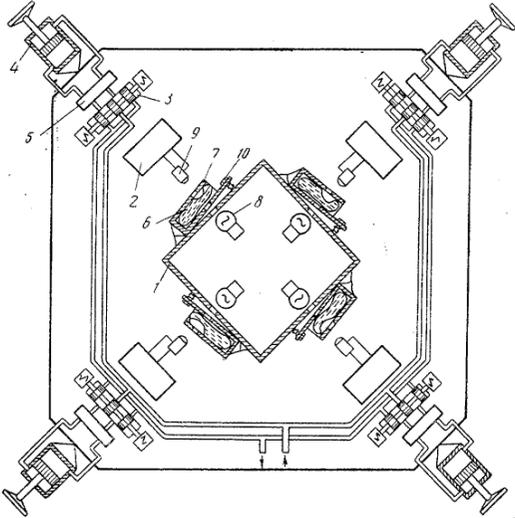
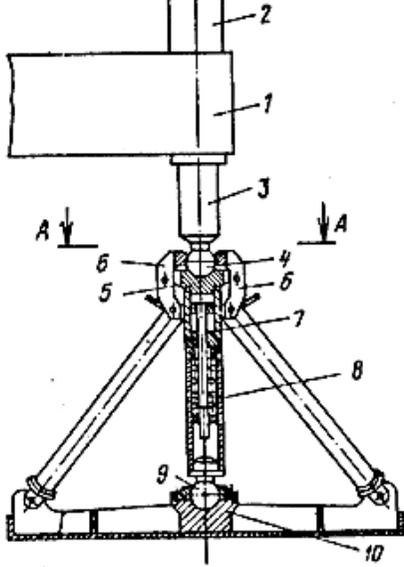
1	2	3
<p>SU 193701 A1</p> <p>Откидная опора для стрелового крана</p> <p>МПК В66С 23/80</p> <p>Авторы: Папазов В.И.</p>		<p>Откидная опора для стрелового крана, состоящая из силового цилиндра, установленного на его платформе, и опорной плиты, закрепленной на конце штока цилиндра, отличающаяся тем, что, с целью обеспечения компактности конструкции крана в транспортном положении за счет установки опоры под платформу, в нижней части опоры смонтирован шарнирный двухзвенный рычаг, свободный конец которого шарнирно соединен со средней частью платформы, а шарнирный узел звеньев рычага связан посредством тросо-блочной системы с силовым цилиндром двустороннего действия, расположенным под платформой и связанным аналогичным образом с другой откидной опорой крана.</p>
<p>SU 308164 A1</p> <p>Выносная опора одноковшового экскаватора, крана и т.п.</p> <p>МПК E02F 9/10</p> <p>Авторы: Азимов Б.Л. Белошицкий В.А. Беркман И.Л. Оренбойм Б.Д. Перлов А.С. Раннев А.В. Скворцов Г.С.</p>		<p>Выносная опора одноковшового экскаватора, крана и т. п., включающая силовой цилиндр, стойку и башмак, отличающаяся тем, что, с целью повышения устойчивости экскаватора в рабочем положении, его башмак одним концом шарнирно соединен со стойкой, имеющей упоры для ограничения поворота башмака, а другим-со штоком силового цилиндра.</p>

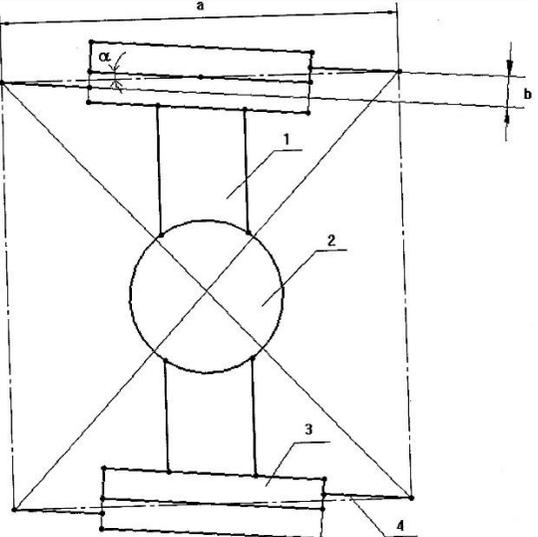
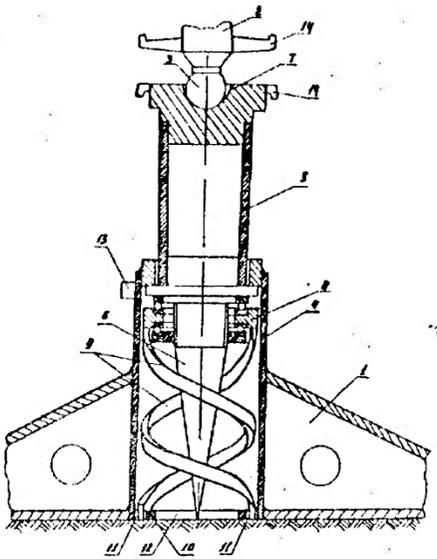
1	2	3
<p>SU 237004 А1</p> <p>Ходовая часть грузоподъемного крана</p> <p>МПК В66С 9/06</p> <p>Авторы: Тушняков В.М. Фиделев С.А. Ямпольский А.И.</p>		<p>1. Ходовая часть грузоподъемного крана с изменяемой колеей, содержащая балки, шарнирно связанные с рамой и несущие аутригеры, отличающаяся тем, что, с целью увеличения устойчивости крана, балки одним концом связаны с цапфой колес, а другим - со штоком силового гидроцилиндра, прикрепленного к раме.</p> <p>2. Ходовая часть по п. 1, отличающаяся тем, что аутригер шарнирно связан с балкой и посредством тяги - с рамой.</p>

1	2	3
<p>SU 492469 A1</p> <p>Устройство контроля устойчивости стрелового подъемного крана</p> <p>МПК В66С 23/88 G01М 1/12</p> <p>Авторы: ГЛУШКО МИХАИЛ ФЕДОРОВИЧ НИКИТИНСКИЙ МИХАИЛ ПАВЛОВИЧ ПАХОМОВ ИЛЬЯ ФЕДОРОВИЧ КУРГАНСКИЙ ОЛЕГ ФЕДОРОВИЧ</p>		<p>Устройство контроля устойчивости стрелового подъемного крана, содержащее опорные датчики, расположенные в точках опорного контура и регистрирующие величины нормальных опорных реакций крана и регулируемые приводные элементы, передающие продольное усилие ттягам, соединенным вторыми своими концами в один свободно перемещающийся узел, отличающийся тем, что, с целью определения координаты точки приложения равнодействующей опорных реакций объекта, проекция опорного контура на одну из выбранных координатных осей геометрически смоделирована жесткой планкой, через направляющие которой, установленные в точках соответствующих проекциям вершин опор, проведены ттяги.</p>

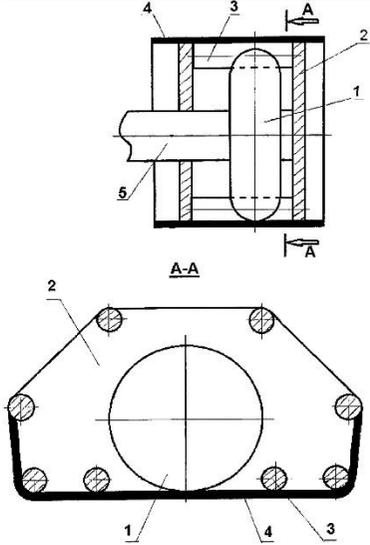
1	2	3
<p>SU 1 002 226 A1</p> <p>Устройство для защиты самоходного крана от опрокидывания</p> <p>МПК В66С 23/90</p> <p>Авторы: БИРЮКОВ ЮРИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ НАТАЧАННЫЙ АДОЛЬФ ИСААКОВИЧ ЗАЙЦЕВ ЛЕОНИД ВЛАДИМИРОВИЧ</p>		<p>1. Устройство для защиты самоходного крана от опрокидывания, содержащее конечный выключатель, подключенный к схеме управления краном и механически соединенный со штоком подпружиненного поршня, расположенного в основном гидроцилиндре, закрепленном на основании крана, установленном на основных опорах, дополнительный гидроцилиндр, установленный на основании и выполненный с подвижным элементом, причем полости основного и дополнительного гидроцилиндров сообщены друг с другом, отличающееся тем, что, с целью повышения производительности крана при сохранении его устойчивости, оно снабжено дополнительной опорой, расположенной внутри контура, образованного основными опорами, и закрепленной на подвижном элементе дополнительного гидроцилиндра.</p> <p>2. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что оно снабжено датчиком угла поворота поворотной части крана, выполненным по крайней мере с одной фигурной поверхностью, с которой сопряжен конечный выключатель.</p>
<p>SU 745856 A1</p> <p>Выносная опора</p> <p>МПК В66С 23/78</p> <p>Авторы: КОЛИСНИЧЕНКО ВСЕВОЛОД МИХАЙЛОВИЧ</p>		<p>Выносная опора, содержащая выдвижную балку, установленную в ней опорную часть, снабженную выдвижным штоком и шарнирно соединенный с выдвижным штоком опорный башмак, отличающаяся тем, что, с целью повышения производительности крана, путем увеличения опорной площади, выносная опора снабжена фиксирующими элементами, а опорный башмак - шарнирно соединенной с ним откидной опорной плоскостью, при на откидной опорной плоскости и башмаке смонтированы упоры, взаимодействующие с фиксирующими элементами.</p>

1	2	3
<p>RU 2 342 311 C1</p> <p>УСТРОЙСТВО АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫРАВНИВАНИЯ САМОХОДНЫХ ПОДЪЕМНО- ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН</p> <p>МПК В66С 23/78 В66С 5/00</p> <p>Авторы: Великанов Алексей Викторович (RU) Иванищев Павел Иванович (RU) Танчук Павел Владимирович (RU) Хакимов Тимерхан Мусагитович (RU)</p>	 <p>Фиг. 1</p>  <p>Фиг. 2</p>	<p>Устройство автоматического выравнивания самоходных подъемно-транспортных машин, содержащее четыре гидравлических цилиндра выносных опор и взаимодействующий с ними блок управления, отличающееся тем, что на гидравлические цилиндры установлены датчики, реагирующие на соприкосновение штока гидравлического цилиндра с опорной поверхностью и подающие сигнал в блок управления, а на неповоротную раму взаимно перпендикулярно установлены датчики, реагирующие на ее отклонение в продольной и поперечной плоскости относительно горизонтальной поверхности и подающие сигнал в блок управления.</p>

1	2	3
<p>SU 189538 A1</p> <p>Устройство для удержания в горизонтальном положении платформы</p> <p>МПК В66С 23/88 В66С 15/00 В66С 23/80</p> <p>Авторы: Нагорнюк В.М. Папазов В.И.</p>		<p>Устройство для удержания в горизонтальном положении платформы, например, крана, содержащее датчик угла наклона, связанный с электрогидравлическими золотниками управления выносных опор платформы, отличающееся тем, что, с целью повышения точности срабатывания устройства, датчик угла наклона выполнен в виде фотоэлектрических элементов, состоящих из ампул-уровней, соответственно расположенных между источниками света и фотодиодами, соединенными с усилителями реле включения золотников и обеспечивающими при изменении освещенности за счет смещения пузырьков уровней в результате наклона платформы включение соответствующих выносных опор.</p>
<p>SU 1 418 284 A1</p> <p>Выносная опора грузоподъемной машины</p> <p>МПК В66С 23/78</p> <p>Авторы: ГАЛАКТИОНОВ ЕВГЕНИЙ СЕРГЕЕВИЧ ГРОСУ ВАСИЛИЙ ФЕДОРОВИЧ ДОНСКОЙ ЯКОВ ВЛАДИМИРОВИЧ</p>	 <p style="text-align: center;">Фиг. 1</p>	<p>Выносная опора грузоподъемной машины, содержащая установленный на раме гидроцилиндр со штоком, выполненным со сферической головкой на конце, и опорную плиту с чашеобразным подпятником, отличающаяся тем, что, с целью повышения удобства эксплуатации, она снабжена дополнительным чашеобразным подпятником для захода сферической головки штока гидроцилиндра и подпружиненной относительно дополнительного чашеобразного подпятника вертикальной стойкой со сферической головкой на нижнем конце, заведенной в чашеобразный подпятник опорной плиты, при этом упомянутая стойка установлена с возможностью фиксации относительно сферической головки штока гидроцилиндра и снабжена подкосами, шарнирно закрепленными одними концами в верхней части упомянутой стойки, а другими - к опорной плите.</p>

1	2	3
<p>RU 2 284 940 C1</p> <p>ХОДОВАЯ РАМА ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА</p> <p>МПК В62D 21/02 В66С 23/62 В66С 23/78</p> <p>Авторы: Крылов Николай Иванович (RU)</p>		<p>Ходовая рама транспортного средства, содержащая продольную балку, несущую базовый узел, и поперечные балки для выносных опор, отличающаяся тем, что поперечные балки установлены наклонно к поперечной оси рамы, при этом упомянутый угол наклона выбран таким образом, что при полном выдвижении выносных опор образуется опорный контур прямоугольной формы.</p>
<p>SU 1 752 716 A2</p> <p>Аутригер для подъемно-транспортного средства</p> <p>МПК В66С 23/78</p> <p>Авторы: ЗАКАРЯН МИХАИЛ РАФАЭЛОВИЧ ИЛЬИЧЕВ ВЯЧЕСЛАВ АНАТОЛЬЕВИЧ СОЛОВЬЕВ МИХАИЛ НИКОЛАЕВИЧ</p>	 <p style="text-align: center;">Фиг. 1</p>	<p>1. Аутригер для подъемно-транспортного средства по авт. св. № 678021, отличающийся тем, что, с целью повышения надежности, он снабжен диском, закрепленным на штыре соосно с ним с возможностью вращения вокруг их общей оси, жестко закрепленным на диске по крайней мере одним стержнем, выполненным в форме цилиндрической спирали, охватывающим с зазором коническую часть штыря, причем стакан в нижней части выполнен с внутренним фланцем с отверстиями под коническую часть штыря и упомянутый стержень.</p> <p>2. Аутригер по п. 1, отличающийся тем, что стержень выполнен в сечении прямоугольным.</p> <p>3. Аутригер по п. 1, отличающийся тем, что он снабжен кронштейнами, закрепленными оппозитно в нижней части штока и в верхней части штыря, и съемными стяжками для соединений кронштейнов в рабочем положении аутригера.</p>

1	2	3
<p>SU 1 321 667 A1</p> <p>Аутригер подъемно-транспортного средства</p> <p>МПК В66С 23/78</p> <p>Авторы: ИВАШЕНКО ЮРИЙ АНАТОЛЬЕВИЧ КИРИЕНКО ИГОРЬ ВАСИЛЬЕВИЧ КОСИЛКОВ БОРИС МИХАЙЛОВИЧ РЕЗНИК БОРИС ИЕГУДОВИЧ</p>	<p>Fig. 1</p>	<p>Аутригер подъемно-транспортного средства, содержащий опорный узел, винтовой привод, включающий два цилиндра, расположенных друг в друге, внутренний из которых посредством шарового шарнира соединен с опорным узлом, а наружный установлен на подъемно-транспортном средстве, отличающийся тем, что, с целью повышения устойчивости подъемно- транспортного средства, опорный узел выполнен в виде раздвижного двухплечего рычага, на одном из плеч которого смонтированы две шаровые опоры на равных расстояниях от продольной оси рычага напротив друг друга, на другом - третья шаровая опора, при этом выдвижной элемент рычага выполнен с фиксаторами его положений.</p>
<p>SU 1 640 098 A1</p> <p>Выносная опора подъемно-транспортного средства</p> <p>МПК В66С 23/78</p> <p>Авторы: МАХНО ДМИТРИЙ ЕВСЕЕВИЧ МАКАРОВ АНАТОЛИЙ ПАВЛОВИЧ ГРУНИЧЕВ НИКОЛАЙ СЕРГЕЕВИЧ ШАДРИН АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ</p>	<p>Fig. 2</p> <p>Fig. 1</p> <p>Fig. 3</p>	<p>Выносная опора подъемно-транспортного средства, содержащая смонтированную на раме последнего горизонтальную направляющую, в которой установлена выдвигная балка и смонтированный на одном конце последней опорный домкрат, отличающаяся тем, что, с целью повышения устойчивости подъемно-транспортного средства и уменьшения транспортного габарита, она снабжена дополнительным опорным домкратом, смонтированным на упругом конце выдвигной балки, направляющая закреплена в центре крайней поперечной балки рамы с возможностью поворота в горизонтальной плоскости, при этом выдвигная балка установлена в направляющей с возможностью поворота относительно собственной оси.</p>

1	2	3
<p>RU 2 521 504 C2</p> <p>Устройство уменьшения уплотняющего воздействия транспортного средства на дорогу</p> <p>МПК В60В 15/26</p> <p>Авторы: Багич Геннадий Леонидович (RU)</p>	 <p>Фиг. 1</p>	<p>Устройство уменьшения уплотняющего воздействия транспортного средства на дорогу содержащее стандартное колесо, при этом между колесом и дорогой размещена замкнутая лента, форма которой в поперечном сечении определяется вращающимися вокруг своих осей роликами, отличающееся тем, что оси роликов закреплены по периметру между упорными пластинами, имеющими произвольную форму, закрепленными по обе стороны колеса.</p>
<p>RU 2 452 683 C2</p> <p>СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН (ВАРИАНТЫ)</p> <p>МПК В66С 13/18 В66С 23/88 В66С 15/00 В66С 23/90</p> <p>Авторы: Коровин Владимир Андреевич (RU) Коровин Константин Владимирович (RU)</p>		<p>1. Система безопасности строительных машин, содержащая установленное на каждой машине устройство проводного или беспроводного обмена данными, датчики, выполненные с возможностью измерения параметров работы машины, характеризующих нагрузку, и/или пространственное положение машины, и/или пространственное положение ее рабочего оборудования, а также по меньшей мере один датчик или одно устройство для измерения или задания положения или границ, или координат, или параметров подвижных или неподвижных объектов, расположенных в зоне работы машины, цифровой вычислитель, оснащенный выходным устройством и выполненный с возможностью взаимодействия с устройством обмена данными, с возможностью приема и обработки выходных сигналов по меньшей мере одного из указанных датчиков, с возможностью хранения в своей памяти или приема от</p>

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
		<p>устройства обмена данными или вычисления по меньшей мере одного предельно допустимого значения параметра работы машины, а также с возможностью формирования и передачи на выходное устройство по меньшей мере одного предупредительного сигнала или сигнала блокирования движений машины из условия предотвращения превышения по меньшей мере одного указанного параметра работы машины его предельно допустимого значения, отличающаяся тем, что цифровой вычислитель одной машины выполнен с возможностью передачи по меньшей мере одного сигнала, характеризующего текущее или предельно допустимое значение параметра работы этой машины, в цифровой вычислитель по меньшей мере одной другой машины с использованием устройств проводного или беспроводного обмена данными, причем цифровой вычислитель другой машины выполнен с возможностью приема этого сигнала и установки или изменения, в зависимости от его величины, по меньшей мере, одного предельно допустимого значения параметра этой машины или предельно допустимой границы значений этого параметра.</p> <p>2. Система безопасности по п.1, отличающаяся тем, что датчики, выполненные с возможностью измерения положений, и/или границ, и/или координат, и/или параметров подвижных и/или неподвижных объектов, реализованы с использованием средств технического зрения, и/или радиолокационного средства, и/или лазерного сканера, и/или приемника с устройств позиционирования, установленных в граничных точках зоны работы машин и/или расположенных</p>

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
		<p>на объектах или прикрепленных к ним, и выполненных, например, в виде GPS или RFID меток.</p> <p>3. Система безопасности по п.1 или 2, отличающаяся тем, что цифровой вычислитель одной машины выполнен с возможностью указанной передачи в цифровой вычислитель другой машины сигналов, характеризующих положение, и/или координаты, и/или параметры, и/или границы подвижных и/или неподвижных объектов, расположенных в зоне работы машин, а цифровой вычислитель другой машины выполнен с возможностью установки предельно допустимых значений параметров пространственного положения этой машины и/или ее рабочего оборудования, или границ разрешенной рабочей зоны, из условия предотвращения столкновений с этими объектами.</p> <p>4. Система безопасности по п.3, отличающаяся тем, что она дополнительно оснащена по меньшей мере одним датчиком расстояния между машинами, подключенным к соответствующему цифровому вычислителю, который выполнен с возможностью использования выходного сигнала этого датчика при определении и установке предельно допустимых значений параметров пространственного положения этой машины и/или ее рабочего оборудования или границ разрешенной рабочей зоны, а также с возможностью передачи этого сигнала в цифровой вычислитель другой машины для использования по аналогичному назначению.</p> <p>5. Система безопасности по п.1 или 2, отличающаяся тем, что она дополнительно оснащена датчиками, установленными на одной машине и выполненными с возможностью измерения параметров, характеризующих внешние условия работы этой машины, а цифровой вычислитель этой машины выполнен с возможностью приема и обработки выходных сигналов этих датчиков, изменения предельно допустимого значения по меньшей мере одного параметра работы машины,</p>

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
		<p>а также с возможностью передачи сигналов, содержащих информацию о внешних условиях работы машины, по меньшей мере в один цифровой вычислитель другой машины для использования по аналогичному назначению.</p> <p>6. Система безопасности по п.5, отличающаяся тем, что по меньшей мере один датчик, характеризующий внешние условия работы машины, выполнен с возможностью измерения величины уклона рабочей площадки, или скорости ветра, или температуры окружающей среды, или освещенности рабочей площадки.</p> <p>7. Система безопасности по п.1 или 2, отличающаяся тем, что цифровой вычислитель одной машины выполнен с возможностью передачи сигналов о допустимых значениях параметров пространственного положения этой машины и/или ее рабочего оборудования, либо сигналов о границах разрешенной зоны работы, в цифровой вычислитель по меньшей мере одной другой машины, который выполнен с возможностью их приема и использования в качестве предельно допустимых параметров пространственного положения или границ рабочей зоны для своей машины и/или ее рабочего оборудования.</p> <p>8. Система безопасности по п.7, отличающаяся тем, что она дополнительно оснащена по меньшей мере одним датчиком расстояния между машинами, а цифровой вычислитель каждой машины дополнительно выполнен с возможностью изменения, в зависимости от выходного сигнала этого датчика, предельно допустимых параметров пространственного положения машины и/или ее рабочего оборудования или границ разрешенной рабочей зоны из условия предотвращения столкновений машин и/или их рабочего оборудования.</p> <p>9. Система безопасности по любому из пп.1, 2, 4, 6 или 8, отличающаяся тем, что значения предельно допустимых</p>

Продолжение таблицы А.1

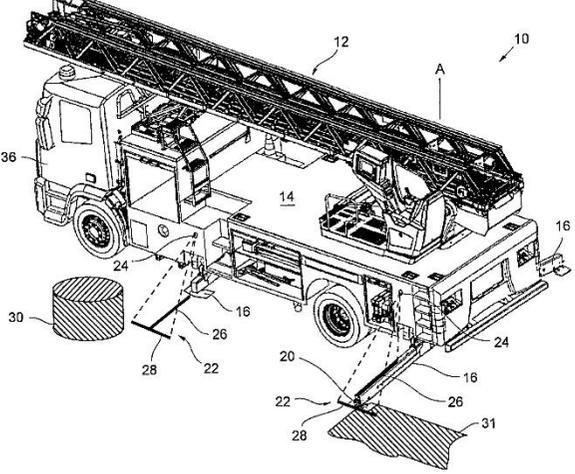
1	2	3
		<p>параметров пространственного положения машины и/или ее рабочего оборудования или границы разрешенной рабочей зоны определяются и/или устанавливаются цифровым вычислителем с учетом инерции машины и/или ее перемещаемого оборудования.</p> <p>10. Система безопасности по любому из пп.1, 2, 4, 6 или 8, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит графический дисплей, подключенный к цифровому вычислителю, который выполнен с возможностью отображения на экране дисплея условного графического изображения строительных машин на плане строительной площадки и границ разрешенной зоны работы.</p> <p>11. Система безопасности по любому из пп.1, 2, 4, 6 или 8, отличающаяся тем, что цифровой вычислитель выполнен с возможностью формирования и передачи на выходное устройство сигнала блокирования движений машины в случае отсутствия сигналов от цифрового вычислителя другой машины.</p> <p>12. Система безопасности строительных машин, содержащая установленное на машине устройство проводного или беспроводного обмена данными, датчики, выполненные с возможностью измерения параметров работы машины, характеризующих нагрузку, и/или пространственное положение машины, и/или ее рабочего оборудования, цифровой вычислитель, оснащенный выходным устройством и выполненный с возможностью взаимодействия с устройством обмена данными, с возможностью приема и обработки выходных сигналов по меньшей мере одного из указанных датчиков, а также с возможностью передачи на выходное устройство по меньшей мере одного предупредительного сигнала или сигнала блокирования движений машины, направленного на предотвращение превышения по меньшей мере одного указанного параметра</p>

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
		<p>работы машины его предельно допустимого значения, система безопасности строительных машин дополнительно содержит внешний вычислитель, не входящий в приборный комплекс машины, соединенный с цифровым вычислителем машины посредством устройства проводного или беспроводного обмена данными и выполненный с возможностью хранения в памяти или вычисления по меньшей мере одного предельно допустимого значения параметра работы машины, характеризующего ее нагрузку, формирования указанного предупредительного сигнала или сигнала блокирования движений машины, а также передачи этого сигнала в цифровой вычислитель машины.</p> <p>13. Система безопасности по п.12, отличающаяся тем, что внешний вычислитель реализован в виде мобильного устройства, или стационарной ЭВМ, или цифровой вычислитель другой машины дополнительно выполнен с возможностью реализации функций внешнего вычислителя данной машины.</p> <p>14. Система безопасности по п.12 или 13, отличающаяся тем, что внешний вычислитель выполнен с возможностью реализации указанных функций защиты от перегрузки группы строительных машин.</p> <p>15. Система безопасности по п.12 или 13, отличающаяся тем, что она дополнительно оснащена датчиками положения, и/или координат, и/или границ, и/или параметров подвижных и/или неподвижных объектов, расположенных в зоне работы машины, причем эти датчики размещены на машине или на стационарном объекте и посредством устройства проводного и/или беспроводного обмена данными или непосредственно соединены с внешним вычислителем, который дополнительно выполнен с возможностью определения значений предельно допустимых параметров пространственного положения машины и/или ее рабочего</p>

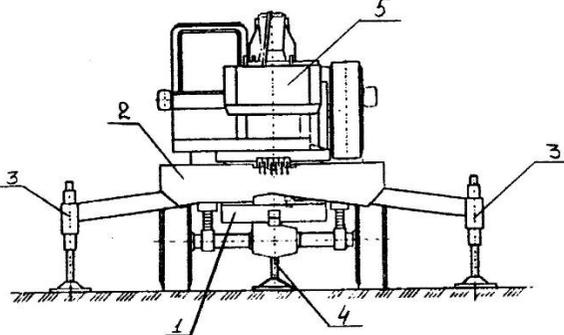
Продолжение таблицы А.1

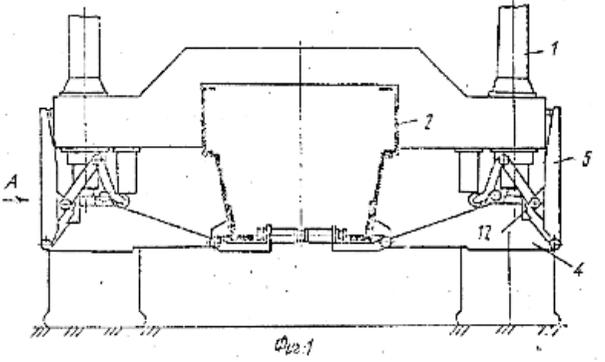
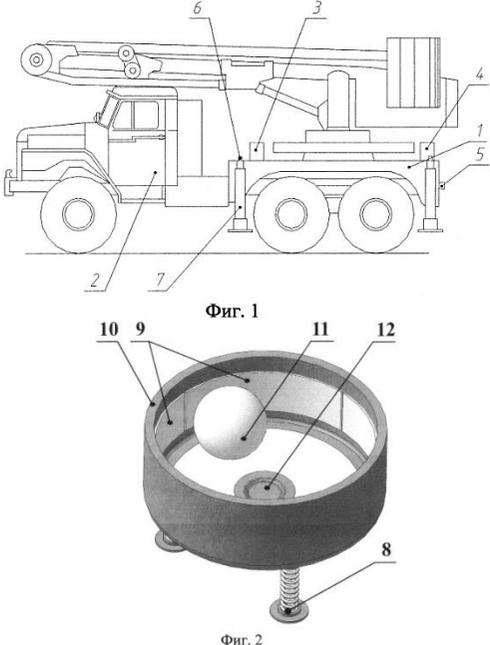
1	2	3
		<p>оборудования или границ разрешенной рабочей зоны, а также формирования предупредительного сигнала и/или сигнала блокирования движений машины из условия предотвращения столкновения машины с этими препятствиями и передачи этого сигнала в цифровой вычислитель машины.</p> <p>16. Система безопасности по п.15, отличающаяся тем, что она дополнительно оснащена по меньшей мере одним датчиком расстояния между машинами и/или датчиками пространственных положений машин и/или их рабочего оборудования на строительной площадке, который/которые размещен/размещены на машине или на стационарном объекте и посредством устройства проводного и/или беспроводного обмена данными или непосредственно соединен/соединены с внешним вычислителем, который дополнительно выполнен с возможностью определения значений предельно допустимых параметров пространственного положения машин и/или их рабочего оборудования или границ разрешенной рабочей зоны, а также формирования предупредительного сигнала и/или сигнала блокирования движений машины из условия предотвращения столкновения машин.</p> <p>17. Система безопасности по п.15, отличающаяся тем, что датчики, выполненные с возможностью измерения положений, и/или координат, и/или границ, и/или параметров подвижных и/или неподвижных объектов, реализованы с использованием средств или устройств технического зрения, и/или радиолокационного средства, и/или лазерного сканера, и/или приемника с устройств позиционирования, установленных в граничных точках зоны работы машин и/или расположенных на объектах или прикрепленных к ним, и выполненных, например, в виде GPS или RFID меток.</p>

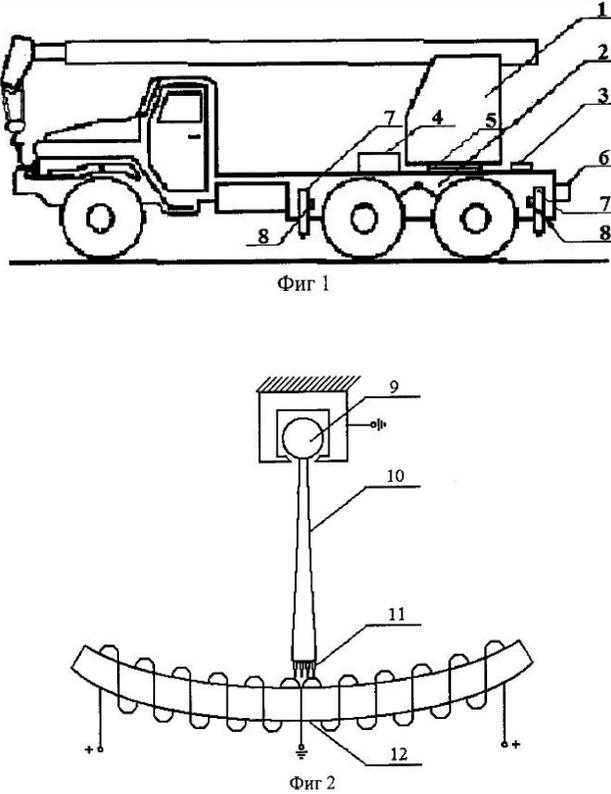
1	2	3
		<p>18. Система безопасности по любому и пп.12, 13, 16 или 17, отличающаяся тем, что цифровой вычислитель выполнен с возможностью формирования и передачи на выходное устройство сигнала блокирования движений машины в случае отсутствия сигналов от внешнего вычислителя.</p>
<p>RU 2 651 371 C2</p> <p>СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ АВТОМОБИЛЬ СО ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ ДЛЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ БОКОВЫХ НАЗЕМНЫХ ОПОР</p> <p>МПК А62С 27/00 В60Р 1/54 В66С 23/78 В66С 23/88</p> <p>Авторы: ЭВЕРТ Юрген (DE)</p>	 <p>Фиг. 1</p>	<p>1. Специализированный автомобиль, в частности пожарный автомобиль (10), содержащий подъемный аппарат, в виде поворотной лестницы (12) и/или подъемной спасательной платформы, и боковые наземные опоры (16), которые выполнены с возможностью перемещения между убранными положениями и выдвинутыми рабочими положениями, в которых концы опор (16) опираются на землю, отличающийся тем, что имеет вспомогательную систему для позиционирования боковых наземных опор (16), содержащую оптические средства для проецирования визуальных отметок (22) на зоны земли, на которые концы (20) опор (16) опираются в их рабочем положении, причем каждая визуальная отметка (22) представляет ожидаемое рабочее положение одной опоры.</p> <p>2. Специализированный автомобиль по п. 1, отличающийся тем, что оптические средства выполнены в виде источников (24) света, предназначенных для проецирования визуальных отметок (22) на землю.</p> <p>3. Специализированный автомобиль по п. 2, отличающийся тем, что источники (24) света выполнены в виде лазерных источников света.</p> <p>4. Специализированный автомобиль по п. 2, отличающийся тем, что оптические средства содержат средства для направления, фокусирования и/или для маскирования света, излучаемого источниками (24) света.</p> <p>5. Специализированный автомобиль по п. 1, отличающийся тем, что оптические средства предназначены для проецирования визуальных отметок (22) в Т-образной форме,</p>

Продолжение таблицы А.1

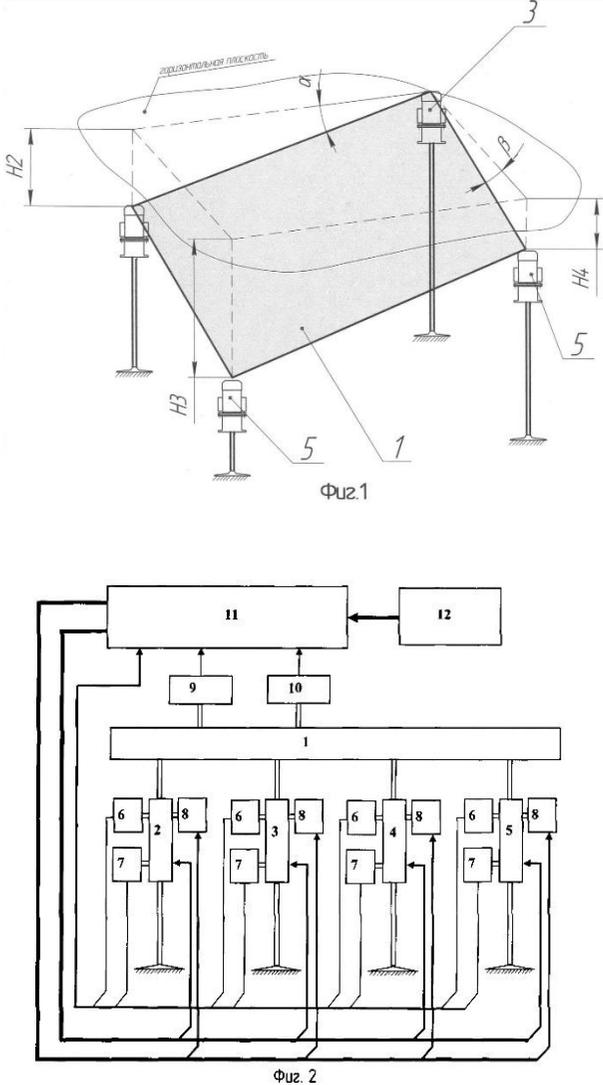
1	2	3
		<p>с продольным лучом (26), проходящим поперечно от автомобиля (10) в направлении выдвигания соответствующей опоры (16), и поперечным лучом (28), проходящим перпендикулярно к обеим сторонам наружного конца продольного луча (26).</p> <p>6. Специализированный автомобиль по п. 2, отличающийся тем, что оптические средства предназначены для проецирования цветных визуальных отметок (22).</p> <p>7. Специализированный автомобиль по п. 1, отличающийся тем, что содержит средства управления для управления оптическими средствами, причем средства управления предназначены для управления всеми имеющимися оптическими средствами синхронно.</p> <p>8. Специализированный автомобиль по п. 7, отличающийся тем, что средства управления предназначены для выключения оптических средств по истечении заранее заданного интервала времени после их активации.</p> <p>9. Специализированный автомобиль по п. 7, отличающийся тем, что средства управления предназначены для активации оптических средств только в том случае, если скорость движения автомобиля находится ниже заранее заданного предельного значения скорости.</p> <p>10. Специализированный автомобиль по п. 1, отличающийся тем, что содержит камеры слежения, расположенные по бокам автомобиля (10), причем каждая камера специально выделена для одной опоры (16) для контроля зоны земли, на которую конец (20) этой опоры (16) опирается в ее рабочем положении, и для снятия изображения в реальном масштабе времени соответствующей визуальной отметки (22), и содержит визуальный дисплей, отображающий изображения всех камер в одно и то же время.</p>

1	2	3
<p>RU 2 162 436 C1</p> <p>ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНАЯ МАШИНА</p> <p>МПК В66С 23/36 В66F 11/04</p> <p>Авторы: Сысолятин В.И. Матвеев О.Л.</p>	 <p>Фиг.2</p>	<p>1. Подъемно-транспортная машина, содержащая самоходное шасси, поворотное грузоподъемное устройство, установленное на опорной раме, образующей с рамой шасси опорный контур с гидроопорами, попарно расположенными по обе стороны от поворотного грузоподъемного устройства, и переднюю опору, установленную на раме шасси и расположенную в ее средней части, отличающаяся тем, что упомянутая передняя опора установлена на раме шасси с возможностью исключения консольного вывешивания передней части этого шасси.</p> <p>2. Подъемно-транспортная машина по п.1, отличающаяся тем, что рама шасси связана с опорной рамой поворотного грузоподъемного устройства посредством разъемного соединения.</p> <p>3. Подъемно-транспортная машина по п.1, отличающаяся тем, что она снабжена дополнительными передними опорами, установленными на раме шасси.</p> <p>4. Подъемно-транспортная машина по п.3, отличающаяся тем, что дополнительные передние опоры установлены симметрично оси шасси.</p> <p>5. Подъемно-транспортная машина по одному из пп.1-4, отличающаяся тем, что передние опоры выполнены с гидроприводом.</p>

1	2	3
<p>SU 1 744 049 A2</p> <p>Опорное устройство для самоходной грузоподъемной машины</p> <p>МПК В66С 23/78</p> <p>Авторы: ЖАРКОВ ВАСИЛИЙ СЕМЕНОВИЧ ГУЛЯЕВ АНАТОЛИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ ТОЛОЩУК ОЛЕГ МИХАЙЛОВИЧ</p>	 <p>Фиг. 1</p>	<p>Опорное устройство для самоходной грузоподъемной машины по авт. св. №1634626, отличающееся тем, что, с целью расширения эксплуатационных возможностей за счет использования в стесненных условиях на твердых грунтах, концевые части опорного поперечного бруса со стороны наружных торцов выполнены с горизонтальными отверстиями, а устройство снабжено установленными в указанных отверстиях с возможностью поворота на угол 90 и последующей фиксации стаканы с диаметральным пазом на дне каждого стакана и закрепленными на откидных башмаках штырями с Т-образной головкой для размещения в упомянутых пазах.</p>
<p>RU 2 565 854 С1</p> <p>УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВЫРАВНИВАНИЯ ПЛАТФОРМ АЭРОДРОМНЫХ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМОВ</p> <p>МПК В66С 5/00 В66С 23/78</p> <p>Авторы: Великанов Алексей Викторович (RU) Курганников Иван Владимирович (RU)</p>	 <p>Фиг. 1</p> <p>Фиг. 2</p>	<p>Устройство для выравнивания платформ аэродромных грузоподъемных механизмов, состоящее из опорной платформы, передвижного шасси, выносных опорных гидравлических цилиндров, устройства управления, датчиков контакта штоков гидравлических цилиндров с опорной поверхностью, блока управления, датчика выравнивания опорной платформы в горизонтальное положение, отличающееся тем, что датчик выравнивания опорной платформы установлен на опорной платформе посредством демпфирующего устройства для увеличения точности регулирования и содержит корпус в форме цилиндра, внутри которого расположены коммутационные контакты, контактный шар, углубление для фиксации шара при достижении горизонтального положения платформой.</p>

1	2	3
<p>RU 2 340 543 C1</p> <p>КРЕНОВО-ТАНГАЖНОЕ ОТВЕСНОЕ УСТРОЙСТВО АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫРАВНИВАНИЯ ОПОРНОЙ ПЛАТФОРМЫ ПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМОВ</p> <p>МПК В66С 5/00 В66С 23/78</p> <p>Авторы: Великанов Алексей Викторович (RU) Танчук Павел Владимирович (RU) Иванищев Павел Иванович (RU) Нилов Владимир Александрович (RU)</p>	 <p>Фиг 1</p> <p>Фиг 2</p>	<p>Креново-тангажное отвесное устройство автоматического выравнивания опорной платформы подъемных механизмов, содержащее передвижное шасси, опорную платформу, поворотную кабину, выносные опорные гидравлические цилиндры, панель управления подъемом и опусканием штоков выносных гидравлических цилиндров, отличающееся наличием датчиков контакта штоков гидравлических цилиндров с опорной поверхностью, креново-тангажных отвесных датчиков, выполненных из диэлектрического материала с реостатной обмоткой, блока управления, выполненного в виде усилителя сигналов с креново-тангажных отвесных датчиков с реостатными направляющими, сориентированными в продольной и поперечной плоскостях.</p>

1	2	3
<p>RU 2 306 254 C1</p> <p>УСТРОЙСТВО ДЛЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОБИЛЬНОГО ПОДЪЕМНИКА</p> <p>МПК В66С 23/00 В66С 23/78</p> <p>Авторы: Гудков Юрий Иванович (RU) Тарасов Кирилл Витальевич (RU)</p>	<p>Фиг. 1</p> <p>Фиг. 2</p>	<p>Устройство для безопасной эксплуатации мобильного подъемника, содержащее базовую машину с рамой, стрелу, подошвы поджатия на выносных опорах, рычаги-коромысла, четыре пары гидроцилиндров поршневых двухстороннего действия с задней крышкой под сварку, которые жестко соединены между собой и смонтированы друг над другом на подошвах поджатия выносных опор по два на каждой так, что образуют прямоугольный опорный контур, отличающееся тем, что каждая пара гидроцилиндров одинакового диаметра соединена между собой трубопроводом со стороны нагнетательных полостей, а объемный гидронасос питает все гидроцилиндры опорного контура, при этом между параллельно установленными парами гидроцилиндров вмонтированы делители расхода жидкости - порционеры с плавающим поршеньком, расположенным перпендикулярно гидроцилиндрам с подошвой поджатия опорного контура, причем каждый порционер содержит две дроссельные шайбы с отверстиями одинакового диаметра, которые симметрично установлены относительно входного отверстия жидкости в порционер, который оборудован двумя выходными цилиндрическими окнами одного размера.</p>
<p>SU 1 735 201 A1</p> <p>Аутригер для подъемно-транспортной машины</p> <p>МПК В66С 23/78</p> <p>Авторы: ЗЕЛЕНОВ БОРИС АЛЕКСЕЕВИЧ</p>	<p>Фиг. 1</p>	<p>Аутригер для подъемно-транспортной машины, содержащий приводное устройство со штоком и шаровой пятой, подпятник со сферической выемкой для шаровой пяты приводного устройства, опорную плиту с подошвой и стаканом, внутри которого установлен подпружиненный относительно него подвижный вдоль оси штырь, и кольцевой элемент для заглубления в грунт, расположенный в нижней части стакана, отличающийся тем, что, с целью повышения надежности, он снабжен конической втулкой, установленной на стакане, а подпятник шаровой пяты размещен внутри конической втулки на торцевой поверхности стакана с возможностью поперечного перемещения по ней, ограниченного конической втулкой.</p>

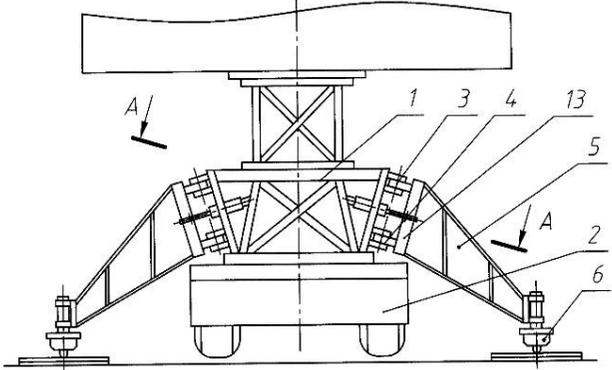
1	2	3
<p>RU 2 367 762 C1</p> <p>СПОСОБ ОРИЕНТАЦИИ-УСТАНОВКИ НЕСУЩЕЙ ГРУЗОВОЙ ПЛАТФОРМЫ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ</p> <p>МПК E21B 7/02 B66F 7/20</p> <p>Авторы: Артёмов Валерий Валентинович (RU) Говоров Николай Сергеевич (RU) Говоров Сергей Николаевич (RU) Молокин Юрий Валентинович (RU) Хрипченко Владимир Фёдорович (RU) Чурзин Денис Александрович (RU)</p>	 <p>Fig. 1</p> <p>Fig. 2</p>	<p>1. Способ ориентации-установки несущей грузовой платформы, заключающийся в том, что платформу предварительно устанавливают на рабочей площадке, после чего приводят одновременно в действие с одинаковой скоростью домкраты, в количестве не менее четырех, присоединенные к платформе в ее периферийных зонах, при этом в процессе действия домкратов непрерывно контролируют развиваемое каждым из них усилие, определяя момент времени упора с определенным одинаковым усилием подвижной части каждого из домкратов в грунт рабочей площадки, в этот момент времени действие соответствующего домкрата останавливают, после остановки и упора всех домкратов в грунт с заданным усилием домкраты опять одновременно приводят в действие с одинаковой скоростью, причем также осуществляют контроль усилия упора каждого домкрата по мере действия домкратов, вычисляя суммарное усилие всех домкратов, при достижении усилия каждого из домкратов и суммарным усилием всех домкратов заданной величины, составляющей определенную долю от веса платформы, останавливают действие всех домкратов, что завершает первичную установку, далее определяют достигнутые в первичной установке параметры ориентации-установки, а именно угол крена и угол тангажа платформы, и по знакам разности между необходимыми значениями углов тангажа и крена и достигнутыми в результате первичной установки значениями углов тангажа и крена определяют опорный домкрат - домкрат, которому необходимо нулевое перемещение подвижной части до необходимого положения ориентации объекта, и скоростной домкрат - домкрат, которому необходимо максимальное перемещение подвижной части до необходимого положения ориентации объекта, вычисляют перемещения для подвижной части каждого домкрата,</p>

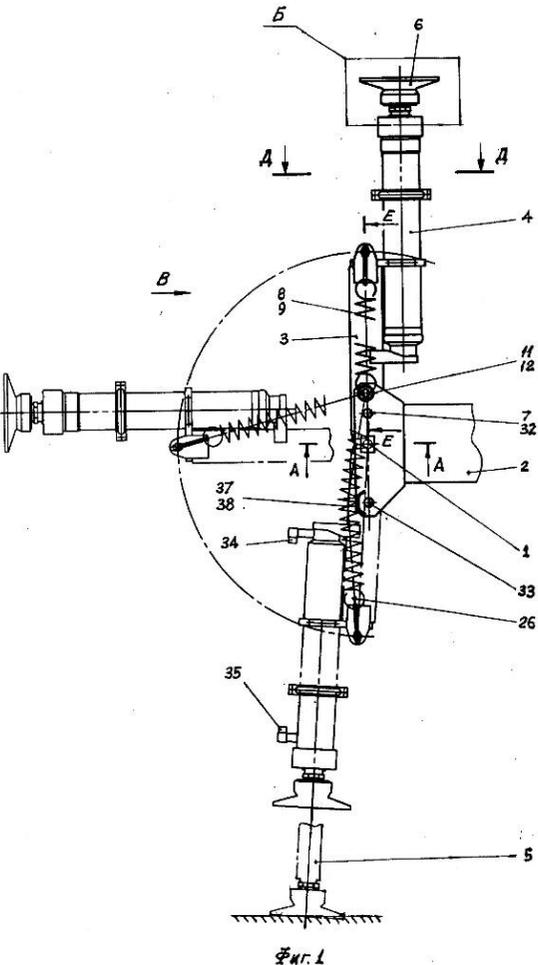
Продолжение таблицы А.1

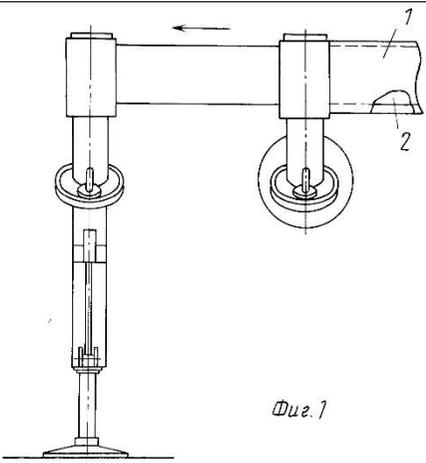
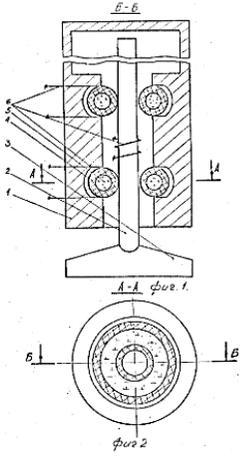
1	2	3
		<p>потребные для достижения заданных значений угла крена и угла тангажа платформы при условии неподвижности подвижной части опорного домкрата, потребное перемещение которой задается нулевым, задают значение скорости перемещения подвижной части скоростного домкрата, вычисляют скорость перемещения подвижной части каждого домкрата по формуле произведения величины заданной скорости перемещения подвижной части скоростного домкрата на отношение рассчитанного для данного домкрата потребного перемещения к потребному перемещению скоростного домкрата, приводят в действие все домкраты, кроме опорного, задавая движению подвижной части каждого домкрата вычисленную для нее скорость, при достижении подвижной частью каждого домкрата вычисленного для нее значения перемещения, ее движение (действие домкрата) останавливают, далее определяют достигнутые разности заданных и достигнутых значений угла тангажа и угла крена и сравнивают эти разности с величиной допуска по каждому из указанных углов, при удовлетворительных результатах сравнения по обоим из указанных углов положение домкратов фиксируют, при неудовлетворительных результатах осуществляют повторный цикл действий, следующих за первичной установкой.</p> <p>2. Способ ориентации-установки несущей грузовой платформы по п.1, отличающийся тем, что первичную установку завершают при достижении суммарным усилием всех домкратов величины, составляющей полный вес платформы с размещенным на ней оборудованием.</p> <p>3. Способ ориентации-установки несущей грузовой платформы по п.1, отличающийся тем, что все необходимые вычисления и управление скоростями и перемещениями домкратов осуществляют в автоматическом режиме с</p>

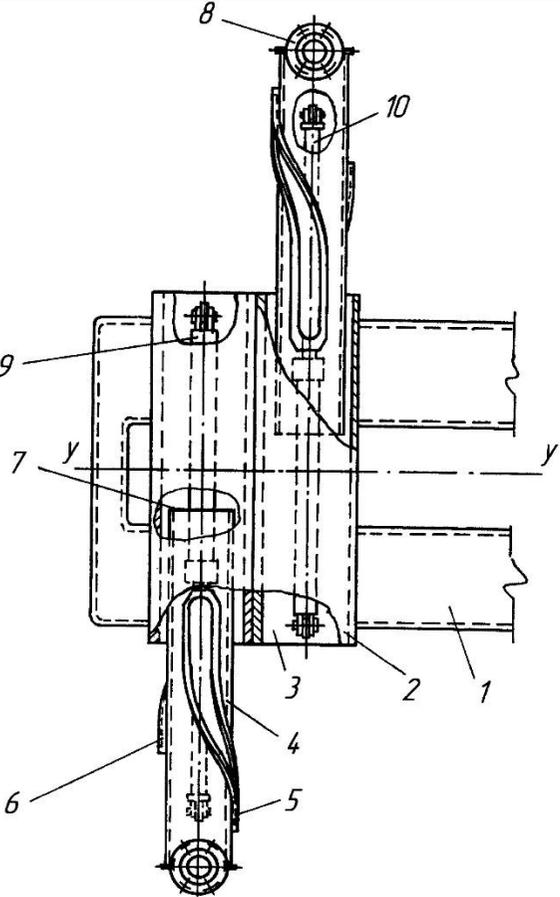
Продолжение таблицы А.1

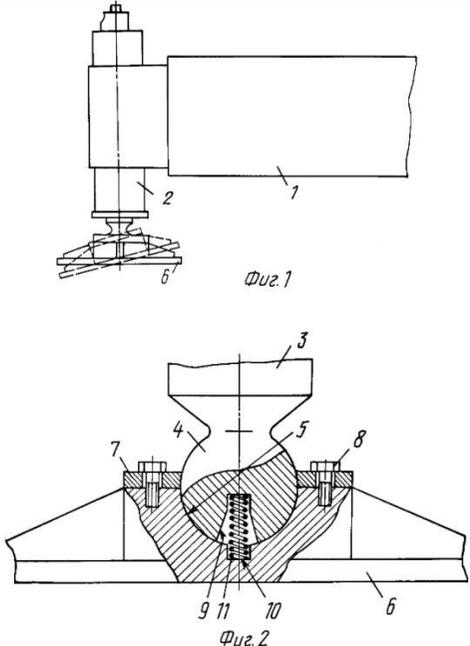
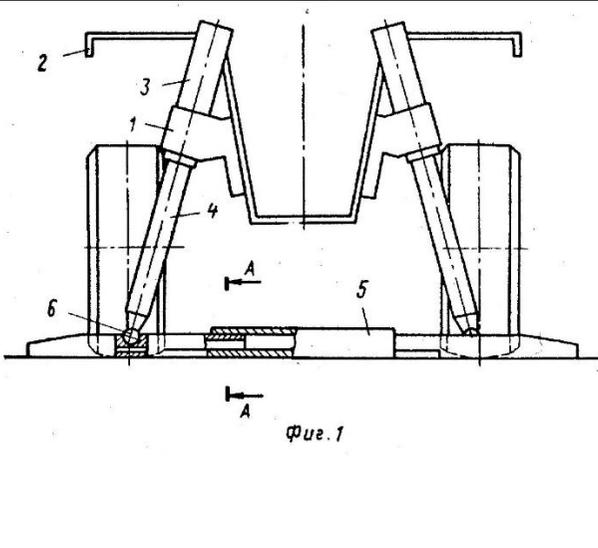
1	2	3
		<p>использованием процессорного блока алгоритмической обработки информации.</p> <p>4. Устройство ориентации-установки грузовой платформы, включающее платформу с размещенными на ней датчиками угла тангажа и угла крена, систему домкратов в количестве не менее четырех, присоединенных к платформе в ее периферийных зонах, систему управления, связанную управляющими домкратными выходами с домкратами, а информационными входами с датчиками угла тангажа и угла крена, источник питания, нагруженный на силовой вход системы управления, отличающееся тем, что оно снабжено электромеханическими управляемыми по скорости и по перемещению их подвижной части домкратами, каждый из которых оборудован датчиком положения подвижной части, датчиком усилия и электромеханическим стопорящим устройством-фиксатором, причем выходы датчиков связаны с информационными входами системы управления, а электромеханические стопорящие устройства-фиксаторы связаны с управляющими стопорящими выходами системы управления.</p> <p>5. Устройство ориентации-установки грузовой платформы по п.4, отличающееся тем, что в качестве домкратов используются идентичные домкраты электромеханического типа с передачей движения на рабочий орган посредством механизма винт-гайка, снабженные электроприводом на базе синхронного вентильного либо асинхронного электродвигателя с датчиком положения ротора.</p> <p>6. Устройство ориентации-установки грузовой платформы по п.4, отличающееся тем, что система управления домкратами содержит выполненный на базе микроконтроллеров процессорный блок алгоритмической обработки информации, поступающей от датчика угла тангажа, датчика</p>

1	2	3
		<p>угла крена и датчиков величины перемещения подвижной части домкратов.</p> <p>7. Устройство ориентации-установки грузовой платформы по п.4, отличающееся тем, что домкраты оснащены стопорящими устройствами-фиксаторами с электромагнитным приводом.</p>
<p>RU 2 271 988 C1</p> <p>ОТКИДНАЯ ОПОРА МОБИЛЬНОГО АНТЕННО-МАЧТОВОГО УСТРОЙСТВА</p> <p>МПК В66С 23/78 В66С 23/80</p> <p>Авторы: Пономарев Владимир Трофимович (RU)</p>	 <p>Фиг.1</p>	<p>Откидная опора мобильного антенно-мачтового устройства, состоящая из основания, установленного на платформе, откидной опорной секции с домкратом, шарнирно закрепленной к основанию, тяги для обеспечения устойчивости откидной опорной секции в горизонтальном направлении, гидроцилиндра, шарнирно закрепленного на основании, механизма складывания для приведения откидной опорной секции в транспортное положение, отличающаяся тем, что механизм складывания снабжен серьгой, смонтированной в прорези вертикальной стенки откидной опорной секции и имеющей два шарнира, один из которых соединен со штоком гидроцилиндра, а другой - с ушком, приваренным к вертикальной стенке откидной опорной секции, имеющей ребро жесткости, причем в начальный момент складывания серьга охватывает ребро жесткости.</p>

1	2	3
<p>RU 2 124 993 C1</p> <p>АУТРИГЕР</p> <p>МПК В60S 9/02 В66С 23/78</p> <p>Авторы: Акимов В.Н. Апальков В.Д. Марданов Р.Д. Мошкин В.С. Оконьский А.Б. Сизов А.Л. Тилипан И.Г.</p>	 <p>Фиг. 1</p>	<p>1. Аутригер преимущественно гидроманипуляторов, устанавливаемых на транспортных средствах, содержащий шарнирно подвешенную на основании с возможностью перевода из транспортного положения в рабочее и наоборот посредством поворота стойку с выдвижной лапой, на конце которой смонтирована опорная пятка, кинематически связанную с основанием упругодеформируемыми элементами пружинного типа, и съемный штыревой элемент фиксации ее в крайних положениях, отличающийся тем, что пружины упругодеформируемых элементов размещены по бокам стойки, а аутригер снабжен резьбовыми механизмами регулировки усилия предварительного натяжения пружин, соединенными с зацепами концов последних, противоположных подсоединяемым к основанию, и механизмами блокировки разлета частей упомянутых пружин в случае их разрушения, при этом основание имеет боковые стенки, на каждой из которых в зоне расположения отверстия, используемого для фиксации поворотной стойки с выдвижной лапой в ее рабочем положении, коаксиально закреплены возвышающиеся над ними отбойники, выполненные в виде ограничительных козырьков С-образной конфигурации с закругленными обводами, обращенных выпуклой поверхностью в сторону взаимодействующих с ними при повороте стойки в рабочее положение пружин.</p> <p>2. Аутригер по п.1, отличающийся тем, что на корпусе выдвижной лапы установлена с возможностью регулировки ее пространственного положения двусторонняя ручка.</p>

1	2	3
<p>RU 2 059 566 C1</p> <p>ВЫНОСНАЯ ОПОРА ГРУЗОПОДЪЕМНОЙ МАШИНЫ</p> <p>МПК В66С 23/78</p> <p>Авторы: Молодцов В.А. Корзников Е.П. Гудков Ю.И. Юпатов А.С.</p>		<p>1. ВЫНОСНАЯ ОПОРА ГРУЗОПОДЪЕМНОЙ МАШИНЫ, содержащая закрепленный к раме машины корпус, в котором смонтирована выдвижная балка с жестко закрепленной на конце раздвижной гидроопорой, выполненной составной из верхней и нижней частей и опорного узла, соединяющего их с возможностью поворота нижней части для установки опоры в рабочее и транспортное положения, отличающаяся тем, что опорный узел выполнен из жестко закрепленных на обращенных друг к другу верхней и нижней частях гидроопоры соответственно верхнего и нижнего фланцев с кольцевыми опорными поверхностями по месту их контакта в зоне площади сечения гидроопоры, имеющих на одном из фланцев центральную цапфу, а на другом отверстие под эту цапфу, причем опорный узел смонтирован в скобах в виде полуколец, охватываемых бандажным кольцом, и снабжен крепежными элементами, а ось опорного узла наклонена к продольной оси гидроопоры под углом $0^\circ < \alpha < 90^\circ$. 2. Опора по п. 1, отличающаяся тем, что она снабжена рукояткой, закрепленной в нижней части гидроопоры, и фиксатором рабочего и транспортного положений.</p>
<p>SU 1 794 880 A1</p> <p>Аутригер большегрузного транспортного средства</p> <p>МПК В66С 23/78</p> <p>Авторы: БЫЧИНСКИЙ БОРИС АЛЕКСЕЕВИЧ ЭЛОЯН СЕРГЕЙ МИХАЙЛОВИЧ АСАДЧИЙ АЛЕКСЕЙ ПЕТРОВИЧ</p>		<p>Аутригер большегрузного транспортного средства, содержащий корпус, размещенный в нем шток из магнестрикционного материала, связанную с ним опорную плиту, охватывающую шток электрообмотку и опорные приспособления для удержания штока в корпусе, отличающийся тем, что, с целью повышения надежности и долговечности и снижения материалоемкости, опорные приспособления выполнены каждое в виде полого тора из упругого материала, заполненного магнитным порошком и установленного на штоке с натягом, корпус выполнен с пазами для размещения торов, а аутригер снабжен дополнительными электрообмотками, размещенными на наружной поверхности каждого тора.</p>

1	2	3
<p>RU 2 361 806 C1</p> <p>ВЫНОСНАЯ ОПОРА ПОДЪЕМНО- ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА</p> <p>МПК В66С 23/78</p> <p>Авторы: Сальников Вячеслав Гаврилович (RU) Потапов Валентин Алексеевич (RU) Семенов Юрий Евгеньевич (RU)</p>	 <p>ФИГ. 1</p>	<p>Выносная опора подъемно-транспортного средства, содержащая смонтированную на раме последнего горизонтальную направляющую с вложенной в нее с возможностью поворота относительно собственной продольной оси выдвижной балкой с опорным гидродомкратом, отличающаяся тем, что она снабжена второй направляющей, причем направляющие выполнены с цилиндрическими осевыми полостями, на стенках которых размещены фиксаторы, дополнена второй выдвижной балкой, при этом обе выполнены пустотелыми с двумя дорожками на своих внешних поверхностях, причем наружные поверхности дорожек представляют часть цилиндра с продольной осью, совпадающей с продольной осью балки, и образуют с внутренними поверхностями цилиндрических осевых полостей направляющих телескопическое сочленение, а со стороны этих поверхностей на дорожках выполнены канавки, начинающиеся продольной проточкой, в которую введена рабочая часть фиксатора, переходящей в винтовую проточку, составляющую четверть оборота витка, и заканчивающиеся второй продольной проточкой, при этом в цилиндрических осевых полостях направляющих и выдвижных балок размещен привод выдвижения балок в виде гидроцилиндров, закрепленных одним концом за направляющую, а вторым - за выдвижную балку.</p>

1	2	3
<p>RU 2 150 424 C1</p> <p>ВЫНОСНАЯ ОПОРА ГРУЗОПОДЪЕМНОЙ МАШИНЫ</p> <p>МПК В66С 23/78</p> <p>Авторы: Логвиненко А.Я. Бурдуковский Н.В.</p>		<p>Выносная опора грузоподъемной машины, содержащая выдвигаемый элемент (шток или винт) с шаровой пятой, взаимодействующей со сферическим углублением в опорной плите, и средство возврата опорной плиты после снятия нагрузки в положение, перпендикулярное оси выдвигаемого элемента, отличающаяся тем, что средство возврата опорной плиты после снятия нагрузки в положение, перпендикулярное оси выдвигаемого элемента, выполнено в виде цилиндрической пружины сжатия, установленной одним концом в ступенчатом, коническо-цилиндрическом отверстии в шаровой пяте выдвигаемого элемента, а другим - в отверстии, выполненном в сферическом углублении опорной плиты.</p>
<p>SU 1 194 825 A1</p> <p>Устройство для повышения устойчивости самоходной грузоподъемной машины</p> <p>МПК В66С 23/78 E02F 9/08</p> <p>Авторы: ВЕЛИЧКИН НИКОЛАЙ АНАТОЛЬЕВИЧ ЛАПЫНИН ЮРИЙ ГЕННАДИЕВИЧ</p>		<p>УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ САМОХОДНОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОЙ МАШИНЫ, содержащее установленные на раме шасси домкраты, штоки которых связаны с опорным башмаком, отличающееся тем, что, с целью увеличения компактности, опорный башмак выполнен телескопическим из звеньев коробчатого сечения, при этом продольные оси домкратов образуют с опорной поверхностью звеньев башмака острый угол.</p>

1	2	3
<p>SU 1 207 997 А1</p> <p>Выносная опора грузоподъемной машины</p> <p>МПК В66С 23/78 Е02F 9/08</p> <p>Авторы: МАЗУР ФИЛИПП ПАВЛОВИЧ БОРИСЕНКО ВЕРА РОМАНОВНА ХАСИЛЕВ ПЕТР ВИКТОРОВИЧ ГАЛАКТИОНОВ ЕВГЕНИЙ СЕРГЕЕВИЧ</p>	<p>Фиг. 1</p>	<p>ВЫНОСНАЯ ОПОРА ГРУЗОПОДЪЕМНОЙ МАШИНЫ, содержащая гидроцилиндр подъема с подпятником и поворотную секцию, один конец которой закреплен на раме машины посредством шарнирного узла, а на другом установлен гидроцилиндр подъема с подпятником, отличающаяся тем, что, с целью повышения удобства эксплуатации и монтажа, она снабжена установленными на раме машины дополнительным гидроцилиндром и поворотным упором, выполненным в виде двуплечего Г-образного рычага со сменной насадкой, короткое плечо которого связано с указанным дополнительным гидроцилиндром, а на длинном закреплена сменная насадка с возможностью взаимодействия с торцом поворотной секции при крайнем положении поворотного упора.</p>
<p>RU 2 175 947 С1</p> <p>ВЫНОСНОЙ АУТРИГЕР</p> <p>МПК В66С 23/78 В60S 9/02</p> <p>Авторы: Апальков В.Д. Заболотнов В.И. Марданов Р.Д. Мошкин В.С. Оконьский А.Б. Шабриков А.В.</p>	<p>Фиг. 1</p>	<p>Выносной аутригер, преимущественно гидравлических краноманипуляторных установок, размещаемых на шасси транспортных средств, содержащий опорную раму с неподвижной полрой балкой, внутри которой размещена выдвигаемая вручную балка с закрепленным на ней аутригером, и расположенный на боковой стенке неподвижной балки двухпозиционный фиксатор ригельного типа для стопорения выдвинутой балки в крайних положениях, отличающийся тем, что в нем на боковой стенке консольной части выдвинутой балки в зоне расположения фиксатора жестко закреплен механический толкатель с профилированным кулачком, кинематически взаимодействующим при перемещении выдвинутой балки с рукоятью поворотного рычага фиксатора при выведенном из зацепления с указанной балкой ригеле.</p>

Приложение Б

Таблица Б.1 - Результаты экспериментальных исследований определения усилий под опорами крана

№ опыта	Факторы			$Y_1 (P_1), \text{Г}$		$Y_2 (P_2), \text{Г}$		$Y_3 (P_3), \text{Г}$		$Y_4 (P_4), \text{Г}$	
	$X_1 (\alpha), \text{°}$	$X_2 (\beta), \text{°}$	$X_3 (G), \text{Г}$	Измер. величина	Дисперс.						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 опыт											
1	60°23'	90°	443,130	0,000	0,000	161,850	0,510	474,230	3,467	311,820	1,219
2	60°23'	90°	443,130	0,000	0,000	163,880	1,732	471,230	1,295	308,930	3,190
3	60°23'	90°	443,130	0,000	0,000	164,830	5,135	471,690	0,460	308,190	6,381
4	60°23'	90°	443,130	0,000	0,000	161,870	0,482	473,770	1,966	310,920	0,042
5	60°23'	90°	443,130	0,000	0,000	160,390	4,726	470,920	2,097	313,720	9,024
Накопленные суммы				0,000	0,000	812,820	12,584	2361,840	9,284	1553,580	19,855
Среднее значение				0,000		162,564		472,368		310,716	
Средняя величина дисперсии					0,000		2,517		1,857		3,971
Оценка дисперсии					0,000		3,146		2,321		4,964
Среднеквадратическое отклонение					0,000		1,586		1,363		1,993
Коэффициент вариации					0,000		0,010		0,003		0,006
Относительная ошибка, %				0,000		1,375		0,393		0,958	
Критерий Кохрена				0,544	0,000	0,544	0,408	0,544	0,373	0,544	0,454

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2 опыт											
1	60°23′	90°	0,000	10,710	5,876	263,940	6,260	178,310	4,911	50,120	4,418
2	60°23′	90°	0,000	14,840	2,910	259,690	3,056	182,130	2,573	46,490	2,335
3	60°23′	90°	0,000	16,260	9,772	258,240	10,227	183,500	8,845	45,130	8,341
4	60°23′	90°	0,000	8,910	17,842	265,820	19,202	176,330	17,606	52,040	16,176
5	60°23′	90°	0,000	14,950	3,298	259,500	3,756	182,360	3,364	46,310	2,917
Накопленные суммы				65,670	39,698	1307,190	65,670	39,698	1307,190	42,500	902,630
Среднее значение				13,134		261,438	13,134		261,438		180,526
Средняя величина дисперсии					7,940			7,940		8,500	
Оценка дисперсии					9,925			9,925		10,625	
Среднеквадратическое отклонение					2,818			2,818		2,915	
Коэффициент вариации					0,215			0,215		0,011	
Относительная ошибка, %				19,225		1,648	19,225		1,648		1,621
Критерий Кохрена				0,544	0,449	0,544	0,544	0,449	0,544	0,452	0,544

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3 опыт											
1	60°23′	0°	443,130	326,180	1,742	148,970	0,760	123,200	2,683	348,090	4,318
2	60°23′	0°	443,130	327,710	0,044	147,960	0,019	124,800	0,001	346,040	0,001
3	60°23′	0°	443,130	324,490	9,060	151,070	8,833	122,590	5,054	348,110	4,402
4	60°23′	0°	443,130	329,410	3,648	146,100	3,992	126,260	2,022	344,990	1,044
5	60°23′	0°	443,130	329,710	4,884	146,390	2,917	127,340	6,260	342,830	10,125
Накопленные суммы				1637,500	19,379	740,490	16,521	624,190	16,020	1730,060	19,890
Среднее значение				327,500		148,098		124,838		346,012	
Средняя величина дисперсии					3,876		3,304		3,204		3,978
Оценка дисперсии					4,845		4,130		4,005		4,973
Среднеквадратическое отклонение					1,969		1,818		1,790		1,994
Коэффициент вариации					0,006		0,012		0,014		0,006
Относительная ошибка, %				0,670		1,967		1,965		0,603	
Критерий Кохрена				0,544	0,468	0,544	0,535	0,544	0,391	0,544	0,509

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4 опыт											
1	60°23′	0°	0,000	18,150	2,196	242,760	1,583	212,220	1,943	29,800	2,298
2	60°23′	0°	0,000	21,670	4,153	239,410	4,376	215,580	3,865	26,390	3,587
3	60°23′	0°	0,000	21,320	2,849	239,880	2,631	215,130	2,298	26,770	2,292
4	60°23′	0°	0,000	17,970	2,762	243,350	3,415	211,940	2,802	29,790	2,268
5	60°23′	0°	0,000	19,050	0,339	242,110	0,370	213,200	0,171	28,670	0,149
Накопленные суммы				98,160	12,300	1207,510	12,375	1068,070	11,080	141,420	10,595
Среднее значение				19,632		241,502		213,614		28,284	
Средняя величина дисперсии					2,460		2,475		2,216		2,119
Оценка дисперсии					3,075		3,094		2,770		2,649
Среднеквадратическое отклонение					1,568		1,573		1,489		1,456
Коэффициент вариации					0,080		0,007		0,007		0,051
Относительная ошибка, %				9,405		0,759		0,912		5,087	
Критерий Кохрена				0,544	0,338	0,544	0,354	0,544	0,349	0,544	0,339

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5 опыт											
1	8°35′	90°	148,770	0,000	0,000	121,890	0,854	382,320	0,716	144,810	0,379
2	8°35′	90°	148,770	0,000	0,000	121,810	0,712	382,870	0,088	143,590	0,365
3	8°35′	90°	148,770	0,000	0,000	120,940	0,001	382,820	0,120	144,550	0,127
4	8°35′	90°	148,770	0,000	0,000	120,070	0,803	384,120	0,910	144,100	0,009
5	8°35′	90°	148,770	0,000	0,000	120,120	0,716	383,700	0,285	143,920	0,075
Накопленные суммы				0,000	0,000	604,830	3,085	1915,830	2,118	720,970	0,955
Среднее значение				0,000		120,966		383,166		144,194	
Средняя величина дисперсии					0,000		0,617		0,424		0,191
Оценка дисперсии					0,000		0,771		0,530		0,239
Среднеквадратическое отклонение					0,000		0,786		0,651		0,437
Коэффициент вариации					0,000		0,006		0,002		0,003
Относительная ошибка, %				0,000		0,758		0,248		0,425	
Критерий Кохрена				0,544	0,000	0,544	0,277	0,544	0,430	0,544	0,397

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6 опыт											
1	8°35′	90°	0,000	30,050	3,897	231,700	3,842	206,220	3,140	30,870	3,312
2	8°35′	90°	0,000	30,540	2,202	231,200	2,132	206,660	1,774	30,460	1,988
3	8°35′	90°	0,000	33,400	1,893	228,230	2,280	209,370	1,899	27,750	1,690
4	8°35′	90°	0,000	33,050	1,053	228,850	0,792	208,710	0,516	28,170	0,774
5	8°35′	90°	0,000	33,080	1,115	228,720	1,040	209,000	1,016	28,000	1,103
Накопленные суммы				160,120	10,160	1148,700	10,086	1039,960	8,345	145,250	8,867
Среднее значение				32,024		229,740		207,992		29,050	
Средняя величина дисперсии					2,032		2,017		1,669		1,773
Оценка дисперсии					2,540		2,521		2,086		2,217
Среднеквадратическое отклонение					1,425		1,420		1,292		1,332
Коэффициент вариации					0,045		0,006		0,006		0,046
Относительная ошибка, %				4,120		0,846		0,658		5,896	
Критерий Кохрена				0,544	0,384	0,544	0,381	0,544	0,376	0,544	0,374

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7 опыт											
1	8°35′	0°	148,770	197,860	2,244	132,680	1,960	117,060	0,482	199,060	2,802
2	8°35′	0°	148,770	196,730	0,135	134,130	0,003	116,120	0,061	200,200	0,285
3	8°35′	0°	148,770	193,940	5,866	136,700	6,864	115,130	1,528	202,680	3,787
4	8°35′	0°	148,770	198,040	2,816	131,650	5,905	118,470	4,427	199,690	1,090
5	8°35′	0°	148,770	195,240	1,259	135,240	1,346	115,050	1,732	202,040	1,706
Накопленные суммы				981,810	12,320	670,400	16,077	581,830	8,229	1003,670	9,670
Среднее значение				196,362		134,080		116,366		200,734	
Средняя величина дисперсии					2,464		3,215		1,646		1,934
Оценка дисперсии					3,080		4,019		2,057		2,417
Среднеквадратическое отклонение					1,570		1,793		1,283		1,391
Коэффициент вариации					0,008		0,013		0,011		0,007
Относительная ошибка, %				0,847		1,917		1,776		0,960	
Критерий Кохрена				0,544	0,476	0,544	0,427	0,544	0,538	0,544	0,392

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8 опыт											
1	8°35′	0°	0,000	23,190	3,787	236,550	4,461	203,570	3,857	36,330	3,218
2	8°35′	0°	0,000	24,200	0,876	235,390	0,906	204,500	1,069	35,520	0,968
3	8°35′	0°	0,000	26,950	3,291	232,550	3,565	207,390	3,445	32,890	2,709
4	8°35′	0°	0,000	28,380	10,524	230,970	12,027	208,940	11,601	31,270	10,667
5	8°35′	0°	0,000	22,960	4,735	236,730	5,253	203,270	5,126	36,670	4,554
Накопленные суммы				125,680	23,212	1172,190	26,212	1027,670	25,098	172,680	22,117
Среднее значение				25,136		234,438		205,534		34,536	
Средняя величина дисперсии					4,642		5,242		5,020		4,423
Оценка дисперсии					5,803		6,553		6,274		5,529
Среднеквадратическое отклонение					2,155		2,290		2,240		2,103
Коэффициент вариации					0,086		0,010		0,011		0,061
Относительная ошибка, %				11,431		0,968		1,630		5,819	
Критерий Кохрена				0,544	0,453	0,544	0,459	0,544	0,462	0,544	0,482

Таблица Б.2 – Обработка результатов экспериментальных исследований

№ опыта	Факторы			\bar{y}	S_i^2	S_y^2	$S_{\bar{y}}^2$	$X_1 \cdot \bar{y}$	$X_2 \cdot \bar{y}$	$X_3 \cdot \bar{y}$	$X_1 \cdot X_2 \cdot \bar{y}$	$X_2 \cdot X_3 \cdot \bar{y}$	$X_1 \cdot X_3 \cdot \bar{y}$	$X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot \bar{y}$
	$X_1 (\alpha), ^\circ$	$X_2 (\beta), ^\circ$	$X_3 (G), \text{г}$											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Опора 1														
1	60°23'	90°	443,130	0	735,8119	315,43	39,42875	0	0	0	0	0	0	0
2	60°23'	90°	0,000	13,134	505,4531			13,134	13,134	-13,134	13,134	-13,134	-13,134	-13,134
3	60°23'	0°	443,130	327,5	7861,107			327,5	-327,5	327,5	-327,5	-327,5	327,5	-327,5
4	60°23'	0°	0,000	19,632	407,4299			19,632	-19,632	-19,632	-19,632	19,632	-19,632	19,632
5	8°35'	90°	148,770	0	735,8119			0	0	0	0	0	0	0
6	8°35'	90°	0,000	32,024	249,7557			-32,024	32,024	-32,024	-32,024	-32,024	32,024	32,024
7	8°35'	0°	148,770	196,362	1789,171			-196,362	-196,362	196,362	196,362	-196,362	-196,362	196,362
8	8°35'	0°	0,000	25,136	332,6588			-25,136	-25,136	-25,136	25,136	25,136	25,136	-25,136
Накопленные суммы				613,788	12617,2			106,744	-523,472	433,936	-144,524	-524,252	155,532	-117,752
Средние значения				76,7235	1577,15									
Уравнение регрессии														
b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{23}	b_{13}	b_{123}	S_b	t	$S_b \cdot t$				
76,7235	13,343	-65,434	54,242	-18,0655	-65,5315	19,4415	-14,719	6,279231	2,36	14,81899				
Поученное уравнение регрессии				$P_1 = 76,7235 - 65,434X_2 + 54,242X_3 - 18,0655X_1X_2 - 65,5315X_2X_3 + 19,4415X_1X_3$										
Проверка адекватности уравнений по критерию Фишера														
№ опыта	P_1	Дисперсия	N	B	f_2	f_2	$[F]$	F_p						
1	1,38	4859,24	6	8	7	2	19,35	19,03						
2	-14,93	7398,11												
3	299,44	52144,98												
4	18,74	2739,92												
5	-1,38	5250,34												
6	17,24	2899,20												
7	224,42	23513,08												
8	23,76	42527,64												
Среднее значение		71,08												

Продолжение таблицы Б.2

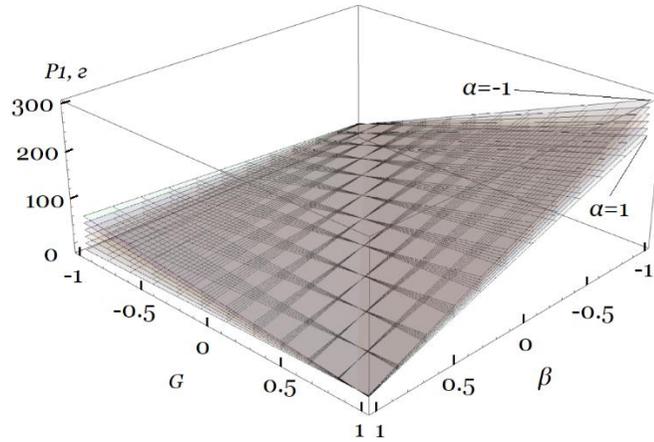
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Опора 2															
1	60°23′	90°	443,130	162,564	105,4098	67,78292	8,472865	162,564	162,564	162,564	162,564	162,564	162,564	162,564	
2	60°23′	90°	0,000	261,438	609,6115			261,438	261,438	-261,438	261,438	-261,438	-261,438	-261,438	-261,438
3	60°23′	0°	443,130	148,098	236,5883			148,098	-148,098	148,098	-148,098	-148,098	148,098	-148,098	-148,098
4	60°23′	0°	0,000	241,502	311,2357			241,502	-241,502	-241,502	-241,502	241,502	-241,502	241,502	241,502
5	8°35′	90°	148,770	120,966	623,7026			-120,966	120,966	120,966	-120,966	120,966	-120,966	-120,966	-120,966
6	8°35′	90°	0,000	229,74	181,8015			-229,74	229,74	-229,74	-229,74	-229,74	229,74	229,74	229,74
7	8°35′	0°	148,770	134,08	413,6155			-134,08	-134,08	134,08	134,08	-134,08	-134,08	134,08	134,08
8	8°35′	0°	0,000	234,438	229,352			-234,438	-234,438	-234,438	234,438	234,438	234,438	234,438	-234,438
Накопленные суммы				1532,826	2711,317			94,378	16,59	-401,41	52,214	-13,886	16,854	2,946	
Средние значения				191,6033	338,9146										
Уравнение регрессии															
b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{23}	b_{13}	b_{123}	S_b	t	$S_b \cdot t$					
191,6033	11,79725	2,07375	-50,1763	6,52675	-1,73575	2,10675	0,36825	2,910819	2,36	6,869532					
Поученное уравнение регрессии						$P_2 = 191,6033 + 11,7973X_1 - 50,1763X_3$									
Проверка адекватности уравнений по критерию Фишера															
№ опыта	P_1	Дисперсия	N	B	f_2	f_2	$[F]$	F_p							
1	153,22	1472,95	3	8	7	5	4,88	2,61							
2	253,58	3840,73													
3	153,22	1472,95													
4	253,58	3840,73													
5	129,63	3840,73													
6	229,98	1472,95													
7	129,63	3840,73													
8	229,98	1472,95													
Среднее значение	191,60														

Продолжение таблицы Б.2

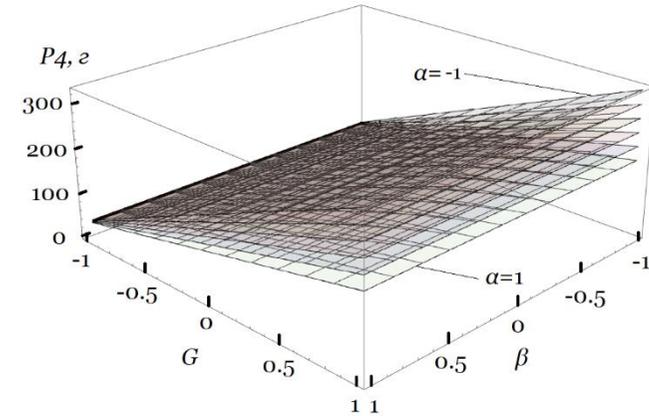
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Опора 3															
1	60°23′	90°	443,130	472,368	6863,086	342,0451	42,75564	472,368	472,368	472,368	472,368	472,368	472,368	472,368	
2	60°23′	90°	0,000	180,526	413,6335			180,526	180,526	-180,526	180,526	-180,526	-180,526	-180,526	-180,526
3	60°23′	0°	443,130	124,838	1602,134			124,838	-124,838	124,838	-124,838	-124,838	124,838	-124,838	-124,838
4	60°23′	0°	0,000	213,614	74,64282			213,614	-213,614	-213,614	-213,614	213,614	-213,614	213,614	213,614
5	8°35′	90°	148,770	383,166	2632,314			-383,166	383,166	383,166	-383,166	383,166	-383,166	-383,166	-383,166
6	8°35′	90°	0,000	207,992	112,9392			-207,992	207,992	-207,992	-207,992	-207,992	207,992	207,992	207,992
7	8°35′	0°	148,770	116,366	1850,89			-116,366	-116,366	116,366	116,366	-116,366	-116,366	116,366	116,366
8	8°35′	0°	0,000	205,534	132,1653			-205,534	-205,534	-205,534	205,534	205,534	205,534	205,534	-205,534
Накопленные суммы				1904,404	13681,8	78,288	583,7	289,072	45,184	644,96	117,06	116,276			
Средние значения				238,0505	1710,226										
Уравнение регрессии															
b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{23}	b_{13}	b_{123}	S_b	t	$S_b \cdot t$					
238,0505	9,786	72,9625	36,134	5,648	80,62	14,6325	14,5345	6,53878	2,36	15,43152					
Поученное уравнение регрессии						$P_3 = 283,0505 + 72,9625X_2 + 36,134X_3 + 80,62X_2X_3$									
Проверка адекватности уравнений по критерию Фишера															
№ опыта	P_1	Дисперсия	N	B	f_2	f_2	$[F]$	F_p							
1	372,77	18773,80	4	8	7	4	6,09	4,71							
2	321,53	7357,78													
3	83,24	23260,06													
4	165,47	4939,63													
5	372,77	18773,80													
6	321,53	7357,78													
7	83,24	23260,06													
8	165,47	4939,63													
Среднее значение	235,75														

Продолжение таблицы Б.2

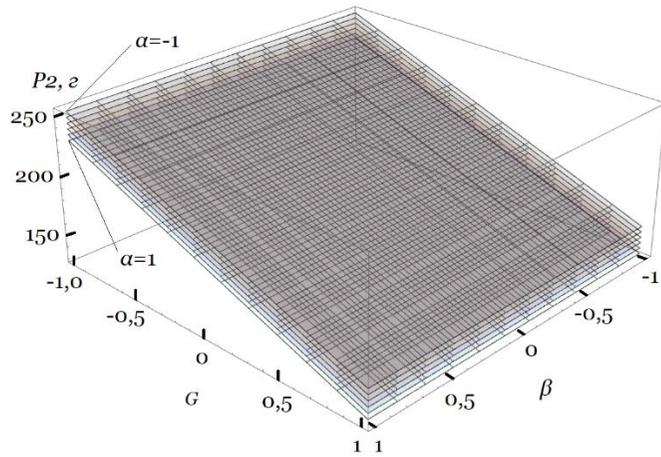
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Опора 4															
1	60°23′	90°	443,130	310,716	3528,966	373,7712	46,72141	310,716	310,716	310,716	310,716	310,716	310,716	310,716	
2	60°23′	90°	0,000	48,018	1120,419			48,018	48,018	-48,018	48,018	-48,018	-48,018	-48,018	-48,018
3	60°23′	0°	443,130	346,012	5167,327			346,012	-346,012	346,012	-346,012	-346,012	346,012	-346,012	-346,012
4	60°23′	0°	0,000	28,284	1636,177			28,284	-28,284	-28,284	-28,284	28,284	-28,284	28,284	28,284
5	8°35′	90°	148,770	144,194	0,281625			-144,194	144,194	144,194	-144,194	144,194	-144,194	-144,194	-144,194
6	8°35′	90°	0,000	29,05	1614,341			-29,05	29,05	-29,05	-29,05	-29,05	-29,05	29,05	29,05
7	8°35′	0°	148,770	200,734	421,0947			-200,734	-200,734	200,734	200,734	-200,734	-200,734	200,734	200,734
8	8°35′	0°	0,000	34,536	1462,242			-34,536	-34,536	-34,536	34,536	34,536	34,536	34,536	-34,536
Накопленные суммы				1141,544	14950,85			324,516	-77,588	861,768	46,464	-106,084	299,084	-3,976	
Средние значения				142,693	1868,856										
Уравнение регрессии															
b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{23}	b_{13}	b_{123}	S_b	t	$S_b \cdot t$					
142,693	40,5645	-9,6985	107,721	5,808	-13,2605	37,3855	-0,497	6,835306	2,36	16,13132					
Поученное уравнение регрессии			$P_4 = 142,693 + 40,5645X_1 + 107,721X_3 + 37,3855X_1X_3$												
Проверка адекватности уравнений по критерию Фишера															
№ опыта	P_1	Дисперсия	N	B	f_2	f_2	$[F]$	F_p							
1	308,36	25723,03	4	8	7	4	6,09	5,96							
2	38,15	12061,53													
3	308,26	25690,96													
4	38,15	12061,53													
5	213,65	4313,07													
6	31,79	13498,49													
7	213,65	4313,07													
8	31,79	13498,49													
Среднее значение	147,98														



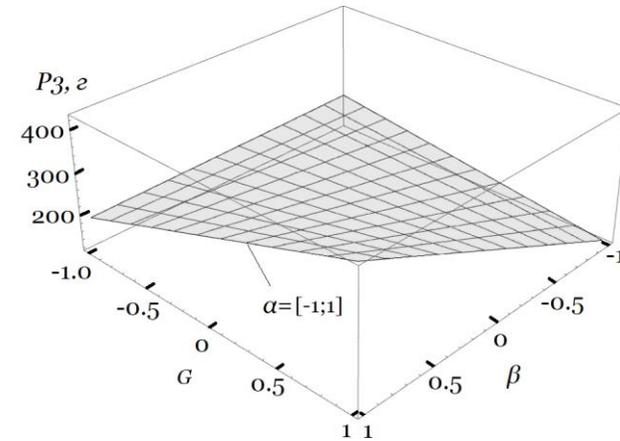
а)



з)



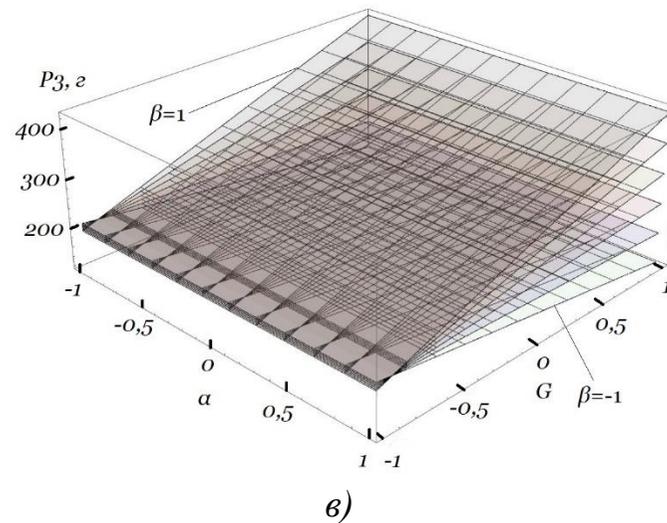
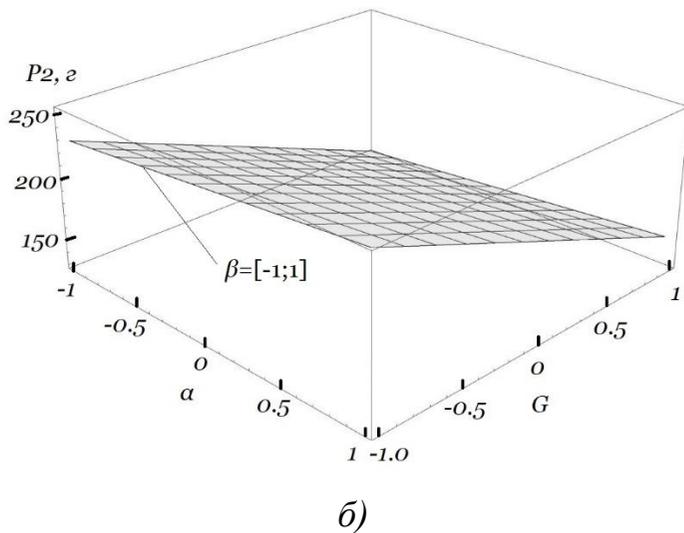
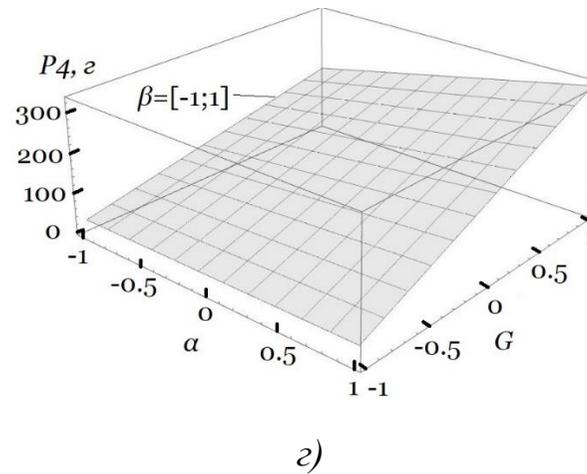
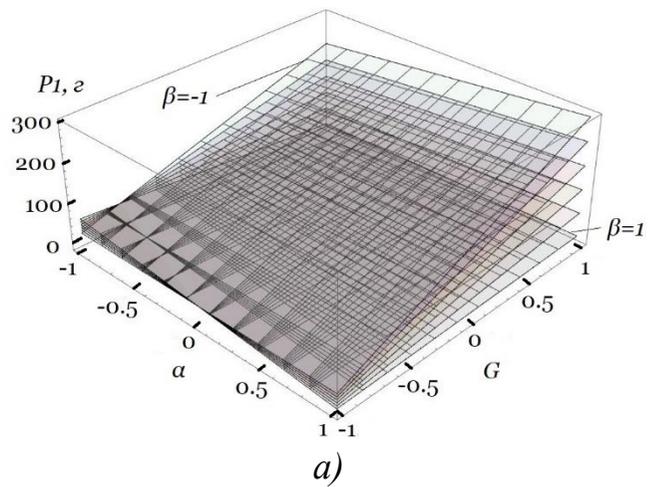
б)



в)

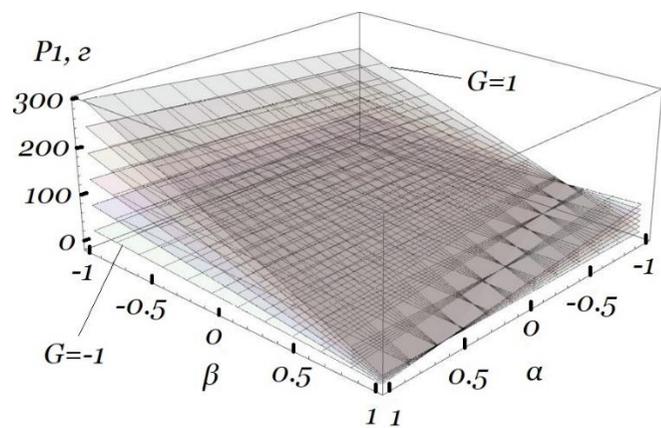
а – 1-я опора; б – 2-я опора; в – 3-я опора; з – 4-я опора.

Рисунок Б.1 - Изменение усилия P в опорах в зависимости от угла отклонения β стрелы от оси, совпадающей с продольной осью крана (X_2), и массы поднимаемого груза G (X_3) при изменении угла наклона α стрелы к горизонту (вылет стрелы) (X_1) от -1 до 1

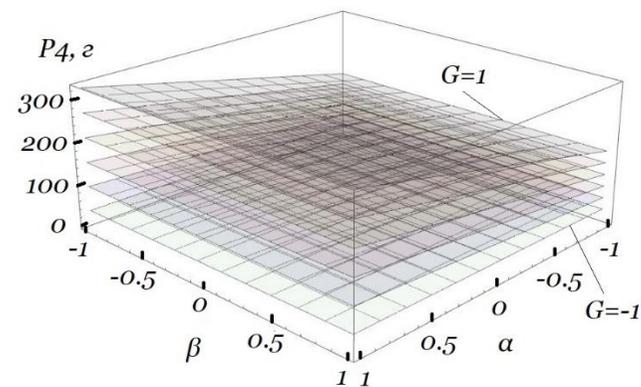


a – 1-я опора; б – 2-я опора; в – 3-я опора; z – 4-я опора.

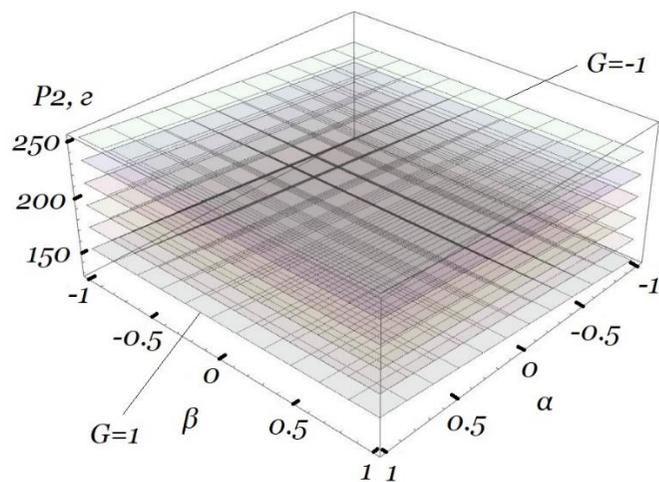
Рисунок Б.2 - Изменение усилия P в опорах в зависимости от угла наклона α стрелы к горизонту (вылет стрелы) и массы поднимаемого груза G (X_3) при изменении угла отклонения β стрелы от оси, совпадающей с продольной осью крана (X_2) от -1 до 1



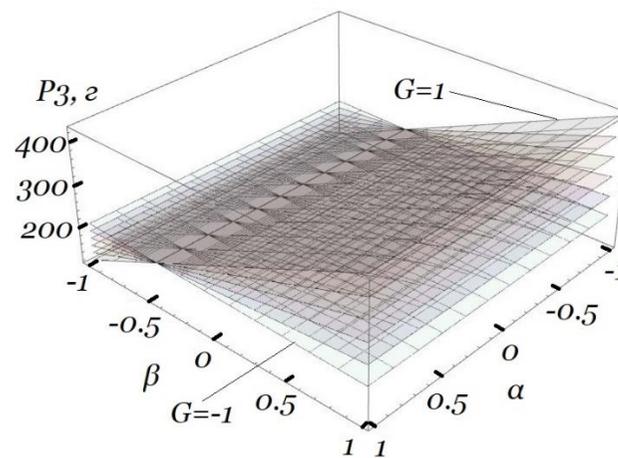
а)



з)



б)



в)

а – 1-я опора; б – 2-я опора; в – 3-я опора; з – 4-я опора.

Рисунок Б.3 - Изменение усилия P опорах в зависимости от угла наклона α стрелы к горизонту (вылет стрелы) (X_1) и от угла отклонения β стрелы от оси, совпадающей с продольной осью крана (X_2), при изменении массы поднимаемого груза G (X_3) от -1 до 1

Приложение В

Таблица В.1 - Результаты экспериментальных исследований по определению глубины вдавливания плоского штампа в грунт от величины усилия P

P , г	22,90		77,05		130,16		235,72		422,58		607,12	
№ опыта	Измер. величина	Дисперс.										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Песок сухой до модернизации Влажность $\omega=0,89\%$												
1	0,50	0,00	1,00	0,00	1,50	0,00	2,00	0,04	4,50	0,04	8,00	0,02
2	0,50	0,00	1,00	0,00	1,50	0,00	2,50	0,09	4,00	0,09	8,25	0,16
3	0,50	0,00	1,00	0,00	1,50	0,00	2,00	0,04	4,50	0,04	7,50	0,12
4	0,50	0,00	1,00	0,00	1,50	0,00	2,00	0,04	3,50	0,64	8,00	0,02
5	0,50	0,00	1,00	0,00	1,50	0,00	2,50	0,09	5,00	0,49	7,50	0,12
Накопленные суммы	2,50	0,00	5,00	0,00	7,50	0,00	11,00	0,30	21,50	1,30	39,25	0,45
Среднее значение	0,50		1,00		1,50		2,20		4,30		7,85	
Средняя величина дисперсии		0,00		0,00		0,00		0,06		0,26		0,09
Оценка дисперсии		0,00		0,00		0,00		0,08		0,33		0,11
Среднеквадратическое отклонение		0,00		0,00		0,00		0,24		0,51		0,30
Коэффициент вариации		0,00		0,00		0,00		0,11		0,12		0,04
Относительная ошибка, %	0,00		0,00		0,00		12,00		14,00		4,85	
Критерий Кохрена	0,54	0,00	0,54	0,00	0,54	0,00	0,54	0,30	0,54	0,49	0,54	0,36

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Песок сухой после модернизации Влажность $\omega=0,89\%$												
1	1,00	0,01	1,00	0,00	1,50	0,00	2,00	0,09	2,50	0,04	3,50	0,42
2	1,50	0,36	1,50	0,25	2,00	0,25	2,00	0,09	2,50	0,04	3,50	0,42
3	1,00	0,01	1,00	0,00	1,50	0,00	1,50	0,04	2,50	0,04	2,75	0,01
4	0,50	0,16	1,00	0,00	1,50	0,00	1,50	0,04	2,00	0,09	2,00	0,72
5	0,50	0,16	0,50	0,25	1,00	0,25	1,50	0,04	2,00	0,09	2,50	0,12
Накопленные суммы	4,50	0,70	5,00	0,50	7,50	0,50	8,50	0,30	11,50	0,30	14,25	1,70
Среднее значение	0,90		1,00		1,50		1,70		2,30		2,85	
Средняя величина дисперсии		0,14		0,10		0,10		0,06		0,06		0,34
Оценка дисперсии		0,18		0,13		0,13		0,08		0,08		0,43
Среднеквадратическое отклонение		0,37		0,32		0,32		0,24		0,24		0,58
Коэффициент вариации		0,00		0,32		0,21		0,14		0,11		0,20
Относительная ошибка, %	40,00		33,33		25,00		15,00		8,00		18,57	
Критерий Кохрена	0,54	0,51	0,54	0,50	0,54	0,50	0,54	0,30	0,54	0,30	0,54	0,43

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Супесь сухая до модернизации Влажность $\omega=22,9\%$												
1	1,50	1,96	3,50	5,29	5,25	8,41	9,75	4,00	18,50	0,81	27,00	19,80
2	4,00	1,21	9,00	10,24	12,00	14,82	15,50	14,06	20,75	9,92	24,25	2,89
3	3,00	0,01	5,00	0,64	6,50	2,72	10,00	3,06	15,25	5,52	19,00	12,60
4	2,00	0,81	4,00	3,24	6,00	4,62	9,00	7,56	14,00	12,96	19,50	9,30
5	4,00	1,21	7,50	2,89	11,00	8,12	14,50	7,56	19,50	3,61	23,00	0,20
Накопленные суммы	14,50	5,20	29,00	22,30	40,75	38,70	58,75	36,25	88,00	32,83	112,75	44,80
Среднее значение	2,90		5,80		8,15		11,75		17,60		22,55	
Средняя величина дисперсии		1,04		4,46		7,74		7,25		6,57		8,96
Оценка дисперсии		1,30		5,58		9,68		9,06		8,21		11,20
Среднеквадратическое отклонение		1,02		2,11		2,78		2,69		2,56		2,99
Коэффициент вариации		0,00		0,36		0,34		0,23		0,15		0,13
Относительная ошибка, %	27,50		35,56		32,08		24,19		15,18		16,48	
Критерий Кохрена	0,54	0,38	0,54	0,46	0,54	0,38	0,54	0,39	0,54	0,39	0,54	0,44

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Супесь сухая после модернизации Влажность $\omega=22,9\%$												
1	0,50	0,01	1,50	0,30	2,50	1,44	4,50	1,10	7,50	1,10	10,00	0,81
2	0,50	0,01	1,75	0,09	2,75	0,90	4,50	1,10	7,00	2,40	9,00	3,61
3	0,50	0,01	2,50	0,20	5,25	2,40	7,00	2,10	10,75	4,84	13,00	4,41
4	0,75	0,02	1,75	0,09	2,75	0,90	4,75	0,64	7,25	1,69	9,25	2,72
5	0,75	0,02	2,75	0,49	5,25	2,40	7,00	2,10	10,25	2,89	13,25	5,52
Накопленные суммы	3,00	0,08	10,25	1,18	18,50	8,05	27,75	7,05	42,75	12,93	54,50	17,08
Среднее значение	0,60		2,05		3,70		5,55		8,55		10,90	
Средняя величина дисперсии		0,02		0,24		1,61		1,41		2,59		3,42
Оценка дисперсии		0,02		0,29		2,01		1,76		3,23		4,27
Среднеквадратическое отклонение		0,12		0,48		1,27		1,19		1,61		1,85
Коэффициент вариации		0,00		0,24		0,34		0,21		0,19		0,17
Относительная ошибка, %	20,00		25,45		29,52		20,71		20,47		17,74	
Критерий Кохрена	0,54	0,30	0,54	0,42	0,54	0,30	0,54	0,30	0,54	0,37	0,54	0,32

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Песок влажный до модернизации Влажность $\omega=8,16\%$												
1	0,500	0,010	1,000	0,040	1,000	0,000	1,250	0,040	1,500	0,003	1,750	0,003
2	0,250	0,023	0,500	0,090	0,750	0,063	0,750	0,090	1,250	0,040	1,750	0,003
3	0,500	0,010	1,000	0,040	1,000	0,000	1,000	0,003	1,500	0,003	2,000	0,040
4	0,250	0,023	0,500	0,090	1,000	0,000	1,000	0,003	1,250	0,040	1,500	0,090
5	0,500	0,010	1,000	0,040	1,250	0,063	1,250	0,040	1,750	0,090	2,000	0,040
Накопленные суммы	2,000	0,075	4,000	0,300	5,000	0,125	5,250	0,175	7,250	0,175	9,000	0,175
Среднее значение	0,400		0,800		1,000		1,050		1,450		1,800	
Средняя величина дисперсии		0,015		0,060		0,025		0,035		0,035		0,035
Оценка дисперсии		0,019		0,075		0,031		0,044		0,044		0,044
Среднеквадратическое отклонение		0,122		0,245		0,158		0,187		0,187		0,187
Коэффициент вариации		0,000		0,306		0,158		0,178		0,129		0,104
Относительная ошибка, %	20,000		20,000		20,000		16,000		17,143		10,000	
Критерий Кохрена	0,544	0,300	0,544	0,300	0,544	0,500	0,544	0,514	0,544	0,514	0,544	0,514

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Песок влажный после модернизации Влажность $\omega=8,16\%$												
1	0,000	0,040	0,500	0,003	0,750	0,010	1,000	0,090	1,500	0,090	1,750	0,090
2	0,250	0,003	0,500	0,003	0,750	0,010	0,750	0,003	1,250	0,003	1,500	0,003
3	0,250	0,003	0,250	0,040	0,500	0,023	0,500	0,040	1,000	0,040	1,250	0,040
4	0,000	0,040	0,250	0,040	0,500	0,023	0,500	0,040	1,000	0,040	1,250	0,040
5	0,500	0,090	0,750	0,090	0,750	0,010	0,750	0,003	1,250	0,003	1,500	0,003
Накопленные суммы	1,000	0,175	2,250	0,175	3,250	0,075	3,500	0,175	6,000	0,175	7,250	0,175
Среднее значение	0,200		0,450		0,650		0,700		1,200		1,450	
Средняя величина дисперсии		0,035		0,035		0,015		0,035		0,035		0,035
Оценка дисперсии		0,044		0,044		0,019		0,044		0,044		0,044
Среднеквадратическое отклонение		0,187		0,187		0,122		0,187		0,187		0,187
Коэффициент вариации		0,000		0,416		0,188		0,267		0,156		0,129
Относительная ошибка, %	60,000		40,000		13,333		30,000		20,000		17,143	
Критерий Кохрена	0,544	0,514	0,544	0,514	0,544	0,300	0,544	0,514	0,544	0,514	0,544	0,514

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Супись влажная до модернизации Влажность $\omega=48,77\%$												
1	2,25	0,0225	3	0,49	3,5	2,25	4,5	9,9225	8	18,49	13,75	10,89
2	2,5	0,01	3	0,49	3,75	1,5625	5,25	5,76	9,5	7,84	16	1,1025
3	2,75	0,1225	4,5	0,64	6,5	2,25	9,75	4,41	14	2,89	17,5	0,2025
4	2	0,16	3,5	0,04	5,75	0,5625	9,5	3,4225	15,5	10,24	19,5	6,0025
5	2,5	0,01	4,5	0,64	5,5	0,25	9,25	2,56	14,5	4,84	18,5	2,1025
Накопленные суммы	12	0,325	18,5	2,3	25	6,875	38,25	26,075	61,5	44,3	85,25	20,3
Среднее значение	2,4		3,7		5		7,65		12,3		17,05	
Средняя величина дисперсии		0,065		0,46		1,375		5,215		8,86		4,06
Оценка дисперсии		0,08125		0,575		1,71875		6,51875		11,075		5,075
Среднеквадратическое отклонение		0,254951		0,678233		1,172604		2,283637		2,976575		2,014944
Коэффициент вариации		0		0,183306		0,234521		0,298515		0,241998		0,118179
Относительная ошибка, %	12,72727		17,77778		23,07692		21,53846		20,64516		12,5641	
Критерий Кохрена	0,544	0,492308	0,544	0,278261	0,544	0,327273	0,544	0,380537	0,544	0,417381	0,544	0,536453

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Супесь влажная после модернизации Влажность $\omega=48,77\%$												
1	3,000	1,563	3,500	0,203	5,000	0,640	6,250	0,160	8,500	0,010	11,500	0,490
2	0,750	1,000	2,250	0,640	3,500	0,490	5,750	0,010	8,750	0,123	11,250	0,202
3	2,000	0,063	4,000	0,903	4,750	0,303	6,500	0,423	8,750	0,123	10,500	0,090
4	1,000	0,563	2,500	0,303	3,500	0,490	5,250	0,360	8,000	0,160	10,500	0,090
5	2,000	0,063	3,000	0,002	4,250	0,002	5,500	0,123	8,000	0,160	10,250	0,303
Накопленные суммы	8,750	3,250	15,250	2,050	21,000	1,925	29,250	1,075	42,000	0,575	54,000	1,175
Среднее значение	1,750		3,050		4,200		5,850		8,400		10,800	
Средняя величина дисперсии		0,650		0,410		0,385		0,215		0,115		0,235
Оценка дисперсии		0,813		0,513		0,481		0,269		0,144		0,294
Среднеквадратическое отклонение		0,806		0,640		0,620		0,464		0,339		0,485
Коэффициент вариации		0,000		0,210		0,148		0,079		0,040		0,045
Относительная ошибка, %	41,667		23,750		16,000		10,000		4,000		6,087	
Критерий Кохрена	0,544	0,481	0,544	0,440	0,544	0,332	0,544	0,393	0,544	0,278	0,544	0,417

Приложение Г

Акты об использовании результатов диссертационной работы



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«Т-СЕРВИС»

241019 г. Брянск, ул. Щукина, 59 А
т. 8(4832) 37-00-27
8(980) 332-01-87

ИНН/КПП 3257021784/325701001

УТВЕРЖДАЮ

Директор ООО «Т-СЕРВИС»

Гамулин А.В.

«27» января 2020 г.



АКТ

о практическом использовании результатов
диссертационной работы Григорьева Павла Александровича
«Обеспечение устойчивости стреловых самоходных кранов при работе на
слабонесущих грунтах»

Настоящим актом организация ООО «Т-СЕРВИС» подтверждает теоретическую и практическую значимость результатов диссертационной работы Григорьева П.А. по исследованию обеспечения устойчивой работы стреловых самоходных кранов на слабонесущих грунтах.

Следует отметить, что предлагаемые автором практические рекомендации, подтвержденные теоретически и экспериментально, позволяют выбирать наиболее выгодные условия эксплуатации стреловых самоходных кранов при производстве любых работ, связанных с применением грузоподъемных средств указанного типа. Например, при

работах по монтажу трубопроводов и котельного оборудования, осуществляемых нашей организацией, расположенных на слабонесущих грунтах и вблизи откосов котлованов без использования дополнительных монтажных и технических средств, что позволит предотвратить возможные случаи опрокидывания за счёт снижения удельного давления аутригеров крана на опорную поверхность.

Сущность предлагаемого решения изложена в приложении к настоящему акту на 3-х (трех) листах.

Предлагаемые в работе мероприятия существенно повысят производительность работ и снизят их ресурсоемкость.

Таким образом результаты диссертационного исследования Григорьева П.А. позволят повысить экономическую эффективность работы стреловых самоходных кранов: срок окупаемости, рентабельность; повысят безопасность производимых работ за счет исключения опрокидывания кранов.

Заместитель директора

Главный инженер



Шарденков А.Н.

Ларин С.В.

Приложение
к акту практической реализации

В основу предлагаемого устройства положена задача обеспечения горизонтирования поверхности при работе кранов на слабонесущих грунтах за счет изменения состояния поверхности.

Для этого на раме 5 крана с установленной на ней стрелой 4 (см. рисунок 1) спереди или сзади установлены кронштейны 8, в которых горизонтально размещается вал с барабаном 7. На барабане расположена гибкая лента 9, которая может быть выполнена в форме траков. Барабан свободно вращается на валу для разматывания и последующего опускания ленты.

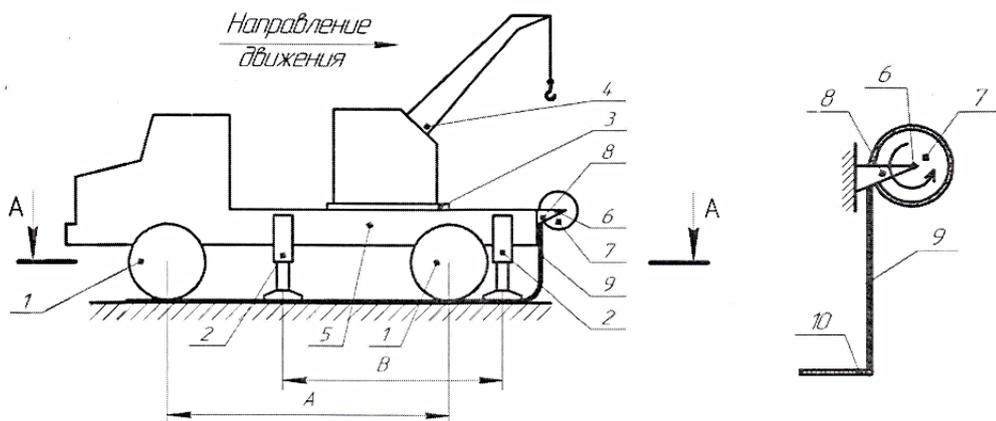


Рисунок 1 - Стреловой кран на колесном ходу

Рисунок 2 -
Устройство
обеспечения
устойчивости

Нижняя часть ленты 9 имеет шарнирно-сочлененную с ней горизонтальную поверхность 10 (рисунок 2) длина которой должна быть не менее расстояния от линии сбегания ленты с барабана 7 до точки касания ходового оборудования 1 с поверхностью грунта.

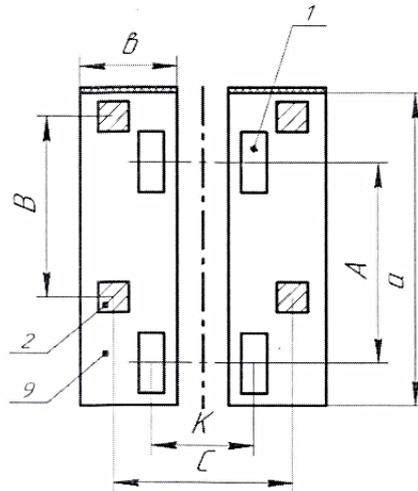


Рисунок 3 - Стреловой кран на колесном ходу (сечение А-А)

Следует отметить, что общая длина ленты 9 должна быть не менее базы машины (рисунок 3). Барабан 7 с лентой 9 состоящий из двух частей и, располагающийся на оси 6 (рисунок 1) может перемещаться вдоль оси 6. Ширина барабана 7 должна быть не менее расстояния между крайними внешними точками ходового оборудования 1 и выносных опор 2 (аутригеров) (рисунок 3).

Однако такое конструктивное решение имеет определенные недостатки, так как значительно увеличиваются габариты машины из-за выноса оси. Для устранения этого недостатка барабан, расположенный на оси 6 предлагается выполнить из двух частей. При этом ширина барабана 7 должна быть не менее расстояния между крайними внешними точками ходового оборудования 1 и выносных опор 2 (аутригеров) (рисунок 3), что позволит снизить материалоемкость предлагаемого устройства. Для уменьшения габаритов машины ось 6 с барабаном 7 (рисунок 4), не выходящая за габариты машины, выполнена телескопической с возможностью увеличения крайних точек оси на расстояние, перекрывающее внешние точки выносных опор 2.

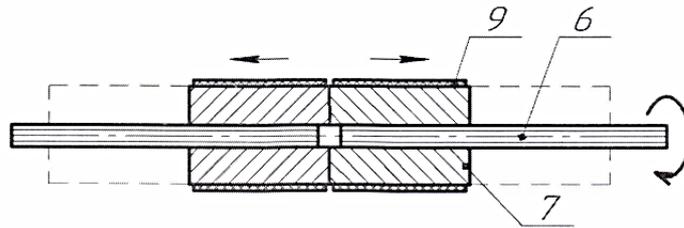


Рисунок 4 - Ось барабана с барабаном

Предлагаемое устройство работает следующим образом. После остановки крана, при помощи привода (условно не показан) приводится во вращение горизонтально установленная ось барабана 6 с лентой 9. Ось барабана, устанавливается в кронштейнах 8 спереди (сзади) машины. При вращении барабана 6 происходит опускание ленты 9 (рисунок 4.4), до момента контакта горизонтальной поверхности 10 с поверхностью грунта, которая соприкасается с колесом машины. После опускания ленты в указанное положение машина начинает движение вперед при расположении барабана спереди или назад при расположении барабана сзади, совершая наезд на ленту. За счет сил сцепления между колесами крана и лентой происходит ее разматывания. Движение крана производится до тех пор, пока ходовое оборудование 1 полностью не разместится на ленте 9.

Ширина ленты должна быть не менее расстояния от линии сбегания ленты с барабана 6 до точки касания ходового оборудования 1 с поверхностью грунта, причём общая длина ленты 9 не менее базы машины. После этого опускаются аутригеры 2, и располагаются на ленте 9. Предлагаемое устройство позволяет изменить состояние опорной поверхности и значительно увеличить ее площадь, что ведет к обеспечению горизонтирования машин на слабонесущих грунтах, а также позволяет автоматизировать процесс повышения устойчивости стрелового крана на слабонесущих грунтах за счёт укладки опорной поверхности под стреловой кран.

УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ)



В.В. Виноградов

26 « февраль » 2020 года

АКТ

об использовании результатов диссертационной работы «Обеспечение устойчивости стреловых самоходных кранов при работе на слабонесущих грунтах», выполненной Григорьевым Павлом Александровичем, в учебном процессе

Результаты диссертационной работы П.А. Григорьева на тему: «Обеспечение устойчивости стреловых самоходных кранов при работе на слабонесущих грунтах», внедрены в учебном процессе по дисциплинам «Грузоподъемные машины и оборудование», «Испытания подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования» для специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» при проведении лабораторных работ и практических занятий преподавателями кафедры «Наземные транспортно-технологические средства».

Директор ИТТСУ,
д.т.н., профессор

Бестемьянов П.Ф.

Заведующий кафедрой НТТС,
к.т.н., доцент

Неклюдов А.Н.

Профессор кафедры НТТС,
д.т.н., профессор

Сладкова Л.А.

Доцент кафедры НТТС,
к.т.н., доцент

Трошко И.В.

УТВЕРЖДАЮ
 Врио заместителя начальника
 ФГБУ «ЦНИИИ ИВ» Минобороны России
 по научной работе
 кандидат технических наук
 полковник

В.В. Петров

« 4 » сентября 2020 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

о результатах доклада научно-исследовательской работы аспирантов ФГАОУ ВО РУТ(МИИТ) Григорьева Павла Александровича, Кузнецова Филиппа Александровича, Гореловой Марии Витальевны и Крылова Вадима Викторовича, представленного на международном форуме «Армия-2020» на секции «Особенности подконтрольной эксплуатации средств инженерного вооружения при их жизненном цикле».

Научный руководитель: д.т.н., профессор военной академии Ракетных войск стратегического назначения, профессор Сладкова Л.А.

Результаты научно-исследовательской работы аспирантов кафедры «Наземные транспортно-технологические средства» актуальны при производстве погрузочно-разгрузочных работ с учетом действия ненормированных факторов в процессе эксплуатации грузоподъемной техники в отраслях ВПК и объектах гражданского назначения.

Указанные выше участники представили решение трех научных задач:

1. Обеспечение устойчивости стреловых самоходных кранов при работе на слабонесущих грунтах.
2. Мехатронная система управления для автоматической стабилизации стрелового самоходного крана при ненормируемых внешних воздействиях.
3. Методика экспериментальной оценки ветровой нагрузки на крановые конструкции.

Предлагаемое авторами усовершенствование стрелового самоходного крана научно и экспериментально обосновано и подтверждено патентом на изобретение № 2 723 503 С1 от 11.06.2020 г. Практическая направленность изобретения – обеспечение устойчивости кранового оборудования при работе на слабонесущих грунтах.

Разработанные имитационная и масштабная модели позволяют провести качественную и количественную оценку устойчивости крановых конструкций при эксплуатации на слабонесущих грунтах при совокупном действии ветровой нагрузки и других ненормируемых факторов.

Разработанная система управления устройством подъёма опрокинувшегося крана, основанная на использовании логического контроллера с применением программного комплекса Codesys, позволяет произвести операцию подъёма крана с учётом действия внешних факторов и смещения центра тяжести конструкции.

Представленные докладчиками материалы вызвали интерес аудитории, а также специалистов ФГБУ «ЦНИИИ ИВ» Минобороны России и крановых заводов - АО «Галичский автокрановый завод» и «Клинцовский автокрановый завод» на предмет практической реализации.

Начальник 22 отдела
кандидат технических наук

подполковник



О.Н. Иванюшенко

Приложение Д

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 723 503**⁽¹³⁾ **C1**

(51) МПК
B66C 23/78 (2006.01)
B66C 23/72 (2006.01)
B66C 23/62 (2006.01)
B66C 23/18 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(52) СПК

B66C 23/78 (2020.02); *B66C 23/72* (2020.02); *B66C 23/62* (2020.02); *B66C 23/18* (2020.02)

(21)(22) Заявка: 2019121342, 08.07.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
08.07.2019

Дата регистрации:
11.06.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 08.07.2019

(45) Опубликовано: 11.06.2020 Бюл. № 17

Адрес для переписки:

127994, Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9, РУТ
 (МИИТ)

(72) Автор(ы):

Григорьев Павел Александрович (RU),
 Крылов Вадим Викторович (RU),
 Сладкова Любовь Александровна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего
 образования "Российский университет
 транспорта" (ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ),
 РУТ (МИИТ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: SU 1342870 A1, 07.10.1987. RU
 2342310 C1, 27.12.2008. RU 2306254 C1,
 20.09.2007. RU 2307784 C1, 10.10.2007.

RU
 2 7 2 3 5 0 3
 C 1

(54) Устройство обеспечения горизонтирования кранов на слабонесущих грунтах

(57) Формула изобретения

1. Устройство обеспечения горизонтирования кранов на слабонесущих грунтах, содержащее ходовое оборудование, выносные опоры (аутригеры), раму с расположенным на ней рабочим оборудованием, отличающееся тем, что на раме спереди или сзади установлены кронштейны с горизонтально установленной на них осью с расположенным на ней барабаном с лентой, с возможностью свободного вращения барабана и опускания ленты, причем нижняя часть ленты имеет шарнирно-сочлененную с ней горизонтальную поверхность длиной не менее расстояния от линии сбегания ленты с барабана до точки касания ходового оборудования с поверхностью грунта, причем общая длина ленты не менее базы крана.

2. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что барабан с лентой состоят из двух частей с возможностью их перемещения вдоль оси, при этом ширина барабана не менее расстояния между крайними внутренними точками ходового оборудования и внешними точками выносных опор (аутригеров).

3. Устройство по п. 1 или 2, отличающееся тем, что ось выполнена телескопической с возможностью увеличения положения крайних точек на расстояние, перекрывающее внешние точки выносных опор.