

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ярославский государственный технический университет»
Кафедра «Строительные дорожные машины»

Преподаватель
к. тех. н, доцент

_____ 2021
«__» _____

Кран на колонне

Пояснительная записка к курсовому проекту по дисциплине
«Наземные транспортно-технологические комплексы»

ЯГТУ 23.05.01 – 001 КП

Проект выполнил
студент группы

_____ 2021
«__» _____

2021

Реферат

с.35, рис. 18, табл.3, источников 16

КРАН НА КОЛОННЕ, ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬ, СТРЕЛА, КОЛОННА, ДВИГАТЕЛЬ, ПОДШИПНИК, МЕХАНИЗМ ПОДЪЕМА

Объектом исследования является подъемно-транспортное оборудование и методика расчета и конструирования его основных элементов.

Целью курсового проекта являлся кран на колонне грузоподъемностью 0,5т.

В ходе выполнения проекта был выполнен обзор существующих конструкций подъемно-транспортных машин, подробно рассмотрены конструкции кранов на колонне и запатентованные методы их модернизации приведено описание спроектированной конструкции крана.

Рассчитаны основные элементы грузоподъемной машины, в том числе размеры, нагрузки, подобраны двигатель, редуктор, подшипники.

Проведены прочностные расчеты.

Построена 3D-модель крана.

Оглавление

Введение.....	5
1 Конструкция консольных кранов.....	6
1.1 Классификация консольных кранов	6
1.2 Особенности конструкции крана на колонне	9
1.3 Модели крана на колонне	10
2 Патентный обзор	11
3 Расчет основных параметров	19
3.1 КПД полиспаста и отклоняющих блоков.....	19
3.2 Выбор двигателя	20
3.3 Выбор редуктора.....	22
3.4 Выбор тормоза	24
3.5 Блоки	24
3.6 Крюковая подвеска	26
3.7 Определение основных размеров металлоконструкции.....	26
3.8 Расчет подшипников опорных узлов.....	29
Заключение	34
Список использованных источников	35

Введение

Кран на колонне является одним из лучших и наиболее распространённых средств механизации различных производственных и погрузочно-разгрузочных работ.

К кранам на колонне общего назначения относятся краны, предназначенные для работы с разнообразными грузами и имеющие в качестве грузозахватных органов грузовые крюки. Наиболее широко их используют в сборочных цехах (в качестве монтажных), в машинных залах электростанций.

Краны на колонне общего назначения имеют большую номенклатуру типо-размеров и исполнений.

Из основных тенденций развития грузо-подъемных (ГПМ) машин следует отметить:

- создание качественно новых ГПМ и механизмов, а так же модернизация существующих;
- повышение грузоподъёмности ГПМ при снижении их массы благодаря применению новых кинематических схем, рациональных профилей, новых материалов (легированных сталей, лёгких сплавов и пластмасс);
- улучшение условий труда крановщиков, путём повышения эргономичности рабочих мест;
- создание блочных и унифицированных конструкций позволяющих получить наиболее высокий технико-экономический эффект при изготовлении и эксплуатации этих машин.

Целью курсового проекта являлось изучение конструкции крана на колонне и расчет основных элементов конструкции крана грузоподъемностью 5 т.

1 Конструкция консольных кранов

1.1 Классификация консольных кранов

Консольные краны, в основном, представляют собой стрелу из двутавровой балки, опирающуюся на верх колонны, поставленной на фундамент. Поворот кранов консольных производится вручную или электрически двигателем с помощью вертикальной цепи, каната, штанги, прикрепленной к торцевой части консоли. Консоль - горизонтальная балка, по которой движется тележка с грузозахватным механизмом (например, крюком или талью). Кронштейны прикрепляются к колоннам здания болтами, в стенах предусматриваются плиты и болты закладного типа. Грузозахватывающий механизм можно спускать и поднимать, а сама тележка перемещается по не подвижной или поворотной консоли. За передвижение тележки отвечают система тросов и специальные механизмы. Сам кран, как правило, занимает немного места, без труда разбирается и переносится.

Консольные краны могут стать более удобной заменой мостовым конструкциям: вместо двух вертикальных опор здесь используется только одна колонна, которую можно повернуть в другую сторону.

Использовать консольные краны можно:

- в складских помещениях;
- в портах,
- аэропортах и других логистических центрах;
- на промышленных объектах, нередко такой кран используют в

составе промышленного оборудования, а не как отдельную конструкцию. Он упрощает перенос определенных грузов с одного участка цеха на другой.

Существует два основных вида классификации по типу конструкции: стационарные и передвижные. Они имеют разные сферы применения, особенности конструкции и, как правило, тип привода. В частности, стационарные обычно имеют большие габариты и грузоподъемность. Передвижные могут быть меньше, но они удобны при использовании в большом помещении.

Стационарные консольные краны используют в цехах и на складских площадках, где постоянно требуется перенос груза. Такие краны неподвижны, разбирают и собирают их редко. Груз может перемещаться только в одной плоскости. Стационарные краны могут быть нескольких видов.

Настенный (рисунок 1.1): ферма с консолью крепится к стене, и часть нагрузки принимает на себя само здание.

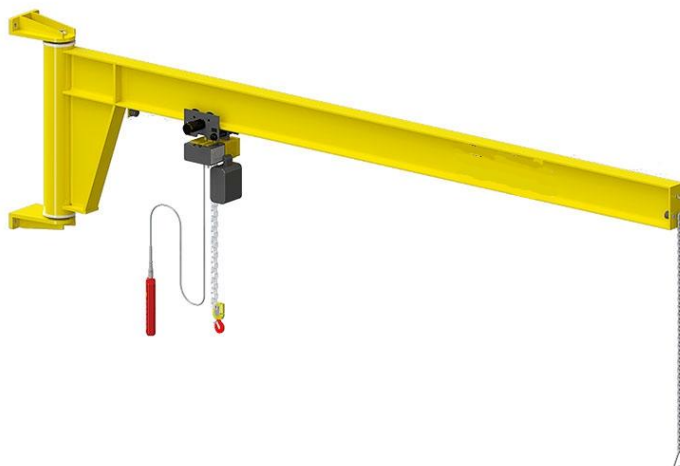


Рисунок 1.1 – Кран настенный [1]

На колонне с опорами (рисунок 1.2): ферма (колонна) устанавливается на полу (фундаменте) и принимает на себя всю нагрузку. К стене ее крепить необязательно, поэтому кран можно использовать в центре помещения или на улице. Параметры стационарных консольных кранов с ручными таями регламентирует ГОСТ 19494-74, а с электротаями — ГОСТ 19811-82. Грузоподъемность: 0,5; 1; 2; 3,2 т. При большей грузоподъемности краны могут быть выполнены с тележками.

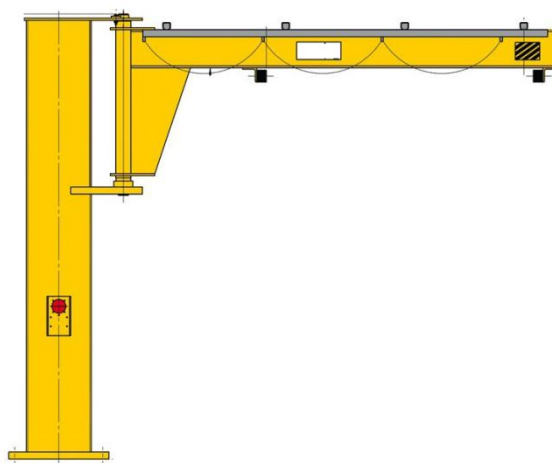


Рисунок 1.2 – Консольный кран на колонне с опорами [1]

С двумя плечами (рисунок 1.3): на одной опоре устанавливают две консоли, благодаря чему можно сэкономить место и одновременно переносить два груза.

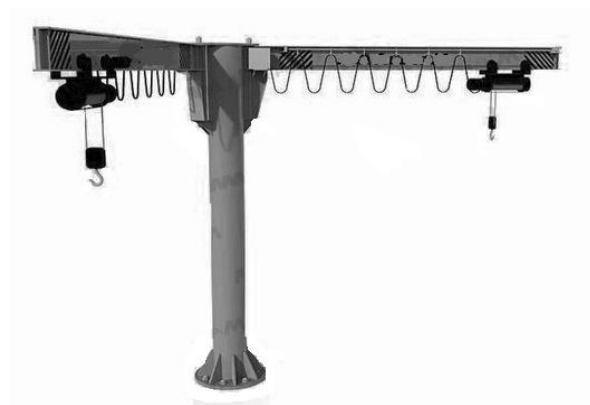


Рисунок 1.3 – Кран с двумя плечами [2]

На свободно стоящей колонне (рисунок 1.4): сама консоль в стационарном кране может передвигаться. Благодаря этому груз увеличивается площадь охвата, и груз можно переносить по относительно большой территории. Механизм подъёма смонтирован на внешнем плече. Грузоподъёмность крана: 0,125; 0,25; 0,5 т. Наибольший вылет: от 2,5 до 4 м. Вылет крана изменяют поворотом вручную внешнего и внутреннего плечей. Высота подъёма 2 — 3,2 м.

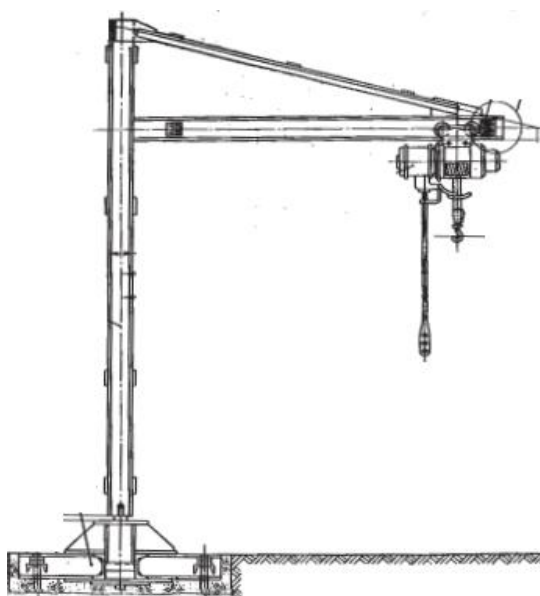


Рисунок 1.4 – Кран на свободно стоящей опоре [2]

Передвижные консольные краны (рисунок 1.5) могут иметь неподвижную или поворотную консоль. В первом случае поворачивать придется всю колонну, во втором - саму консоль (под определенным допустимым углом). Вертикальная нагрузка воспринимается верхним подшипником опоры колонны. Колонна неподвижно соединена с плитой, прикреплённой болтами к фундаменту. Максимальный вылет от 2,5 до 5 м. Высота подъёма до 4 м.

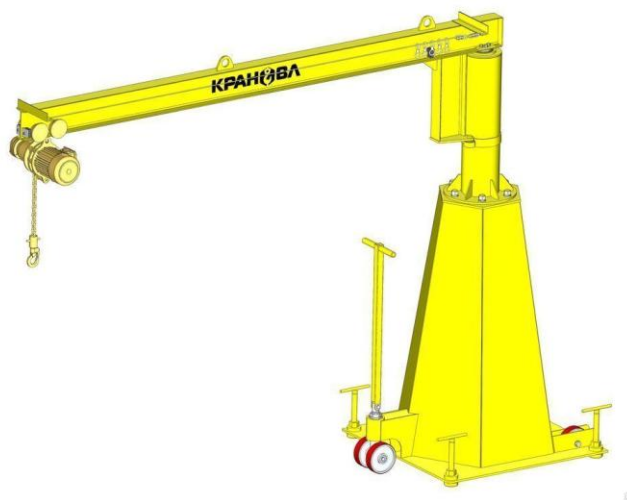


Рисунок 1.5 – Передвижной консольный кран [2]

Они передвигаются по рельсовым путям, уложенным на крановые балки колонн одной стороны цеха на некотором расстоянии от земли, поэтому иногда называются настенными передвижными. Грузоподъемность кранов: 1-10 т. Вылет: 4 — 10 м. Высота подъема: 6 — 18 м. Управление осуществляется из кабины.

Внешне передвижные краны отличаются от тех подъемных устройств, которые используют на строительных площадках. Саму колонну и консоль крепят к стене, на специальный рельс, по которому конструкция передвигается с места на место. Это обеспечивает еще более широкий охват площади, упрощает перенос грузов и снижает число устройств в помещении.

И стационарные, и передвижные краны изготавливают под конкретную задачу и собирают на определенном объекте. Их проектируют, учитывая тип и вес грузов, размеры объекта, его основные характеристики (такие, как толщина и прочность стен). Консольные краны удобны, просты в установке и ремонте, безотказны. Это отличный вариант для использования в зданиях (промышленных и складских) и автоматизации производства. Они решают те проблемы, которые не способны решить погрузчики или автокраны.

1.2 Особенности конструкции крана на колонне

Конструкция крана консольного поворотного включает двутавровую консоль, как базу. Она закреплена на специальной колонне, которая прочно крепится к фундаменту с использованием специализированных кронштейнов. Рабочим органом выступает балка и стрела с установленным захватным крюком.

Основные узлы техники:

- консоль;
- колонна;
- опорный кронштейн;
- обкатная опора;

- тяговая цепь, фиксатор;
- упоры, крышки;
- подшипники, демпферы.

Устройства производят строго в соответствии с нормативной документацией, потому оно имеет фиксированные технические параметры. Конструкция консольных кранов на колонне регулируется ГОСТ-19811-74, где содержится детальный чертеж и требования.

Перемещение грузов производится по вертикали. Радиус действия оборудования зависит от технических параметров: угла поворота, вылета стрелы.

Механические приспособления управляются при помощи пульта. И ручные, и механические вариации оснащаются электрическими тельферами или ручными таями. Последний вариант используют для сравнительно нетяжелых материалов. Тельферы предназначены для работы с тяжелыми объектами.

1.3 Модели крана на колонне

В настоящий момент популярностью пользуются краны на колонне немецкой марки "VETTER KRANTECHNIK" GMBH, технические характеристики этих кранов представлены в таблице 1.1.

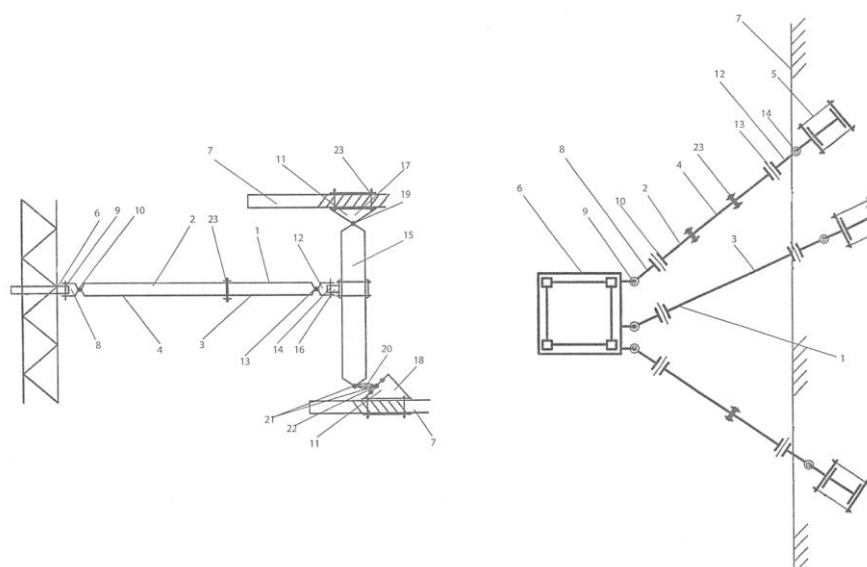
Таблица 1.1 – Сравнительная характеристика кранов на колонне

Модель крана	Тип привода	Угол поворота, град., не более	Грузоподъемность, т, не более	Вылет стрелы, м, не более
ККР2	ручной	270	3,2	12,0
ККР3	ручной	360	16	12,0
ККР4	ручной	Основной стрелы – 180 вспом. стрелы - 360	0,5	4,0
ККМ6	электрический	270	3,2	12,0
ККРП	ручной	360	0,5	3,0
С телескопической стрелой	Ручной/ электрический	360	0,25	4,0
Двухконсольный	Ручной/ электрический	180	5,0	12,0

2 Патентный обзор

Перед разработчиками грузоподъемной техники стоит задача создания новых и модернизации существующих конструкций с целью повышения эффективности погрузочных работ, их экономичности, простоты и других показателей.

Авторами патента [3] предложена опора крана с возможностью многократного крепления опоры к сооружению.



1 – опора крана; 2 – блок связей; 3 – тяга; 4 – элемент; 5 – блок крепления; 6 – рама; 7 – сооружение; 8 – вено перехода; 9, 10, 13, 14, 19, 21, 22 – шарнир; 11 – фундамент; 12, 20 – звено перехода; 15 – колонна; 16 – горизонтальный элемент; 17, 18 – опора; 23 – резьбовое соединение;

Рисунок 2.1 – Опора крана [3]

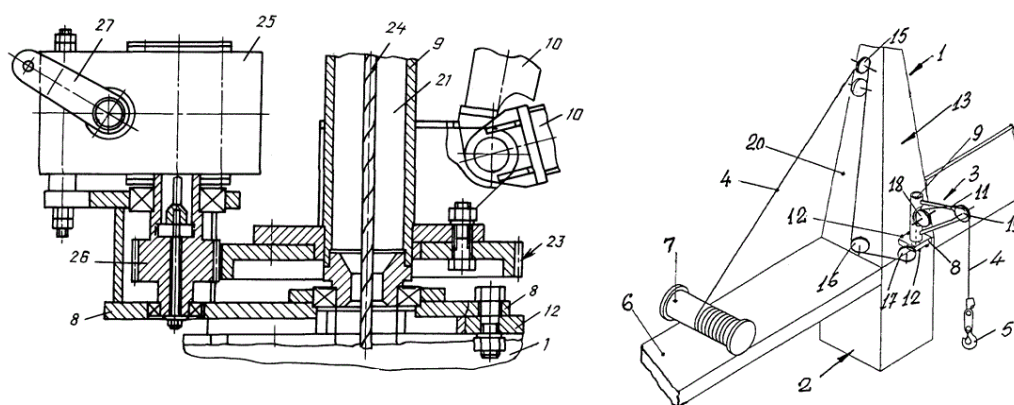
Опора крана состоит из трех блоков связей. Каждый блок связей содержит тягу, выполненную из одного или нескольких элементов и блок крепления. Одни концы блоков связей прикреплены к охватывающей раме крана, а другие к сооружению. Каждая тяга соединена с охватывающей рамой шарнирами через звено перехода, где шарнир между звеном перехода и охватывающей рамой выполнен вертикальным, а шарнир между звеном перехода и тягой выполнен горизонтальным.

Блок крепления расположен на противоположной от звена перехода стороне тяги, при этом блок крепления выполнен в вертикальной плоскости и имеет два фундаментных элемента. Каждая тяга соединена с блоком крепления через дополнительное звено перехода. Соединения дополнительного звена перехода с тягой и блоком крепления 5 выполнены шарнирными. Шарнир между тягой и дополнительным звеном перехода выполнен горизонтальным, а шарнир между дополнительным звеном перехода и блоком крепления выполнен вертикальным. Блок крепления выполнен в виде колонны с фундаментными элементами и дополнительно содержит горизонтальный элемент, закрепленный

к колонне обжатием посредством резьбового соединения и расположенный между дополнительным звеном перехода и колонной. Фундаментные элементы выполнены в виде малой опоры и большой опоры. Малая опора соединена с колонной через горизонтальный шарнир, а большая опора соединена горизонтальными шарнирами с колонной через малое звено.

Малое звено выполнено с возможностью соединения с большой опорой через горизонтальные шарниры, которыми дополнительно снабжена большая опора. Большая опора и малая опора закреплены к перекрытиям сооружения соединительными элементами в виде резьбовых соединений. В некоторых случаях, в зависимости от архитектуры сооружения, длину тяг необходимо регулировать, для этого используют тяги с несколькими элементами, способные удлиняться и укорачиваться посредством раскручивания и закручивания содержащихся в них винтовых элементов. При раскручивании винтового элемента тяга удлиняется, а при закручивании укорачивается.

Устройство приставного башенного крана для демонтажа связей «башня-здание» [4] содержит закрепленную на оголовке башни крана (рисунок 2.2) монтажную укосину с подвешенным на канате, на конце укосины, монтажным крюком и связанную с канатом и расположенную на противовесной консоли крана монтажную лебедку, предназначенную для монтажно-демонтажных работ. Эти работы производятся при монтаже связей, связывающих башню крана со зданием, и при демонтаже связей. Упомянутые связи предназначены для обеспечения устойчивости башенного крана.



1 – оголовок башни; 2 – башня крана; 3 – монтажная укосина; 4 – канат; 5 – монтажный крюк; 6 – противовесная консоль; 7 – монтажная лебедка; 8 – рама; 9 – поворотная колонна; 10 – стрела; 11 – оттяжка; 12 – кронштейн; 13,14 – панель оголовка; 15-19 – обводной блок; 20 – задняя панель оголовка; 21 – внутренняя полость колонны; 22 – головка стрелы;

Рисунок 2.2 – Устройство приставного башенного крана для демонтажа связей «башня-здание» [4]

Укосина включает установленную на раме поворотную колонну с приводом ее поворота вокруг собственной оси, стрелу укосины, связанную с колонной, регулируемую по длине оттяжку, концы которой шарнирно связаны с колонной и стрелой укосины.

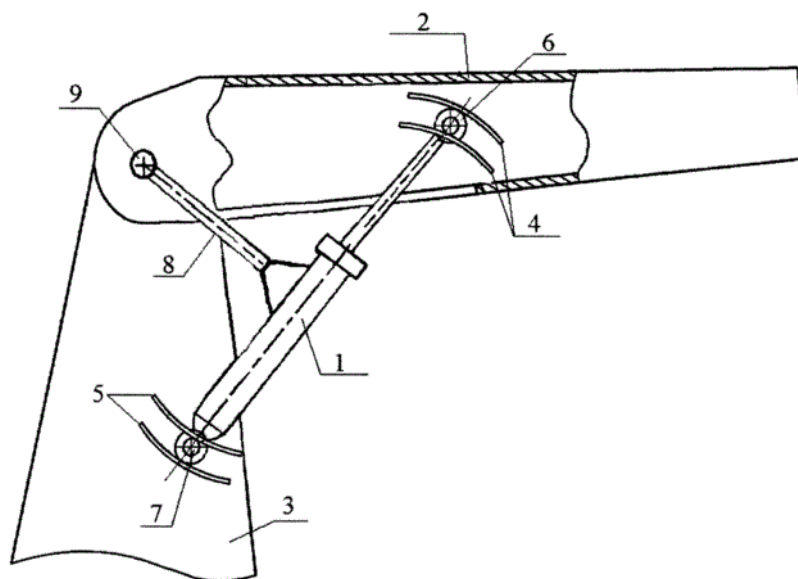
На обеих боковых сторонах крана расположены правые и левые кронштейны для крепления колонны к оголовку башни. Кронштейны закреплены соответственно на правой и левой панелях оголовка на виде со стороны лебедки.

Канат лебедки запасован в обводных блоках укосины. Эти обводные блоки закреплены на укосине по схеме «лебедка – верхняя часть задней панели оголовка - нижняя часть задней панели оголовка - нижняя часть боковой панели оголовка – внутренняя полость колонны до ее середины - головка стрелы» укосины.

Закрепленный в средней части колонны обводной блок расположен между оттяжкой и стрелой укосины.

Техническим результатом изобретения является повышение универсальности устройства, обеспечивающего возможность демонтажа связей «башня-здание» в стесненных условиях.

В работе [5] описан механизм подъема стрелы манипулятора или грузоподъемного крана, состоящий из гидроцилиндра, имеющего шарнирное соединение со стрелой и колонной через ролики с возможностью их качения в направляющих, которые выполнены с криволинейным профилем и жестко закреплены на стреле и колонне, а корпус гидроцилиндра жестко соединен под прямым углом со штангой, имеющей подвижное соединение с осью, совпадающей с осью шарнира, соединяющего колонну и стрелу (рисунок 2.1).

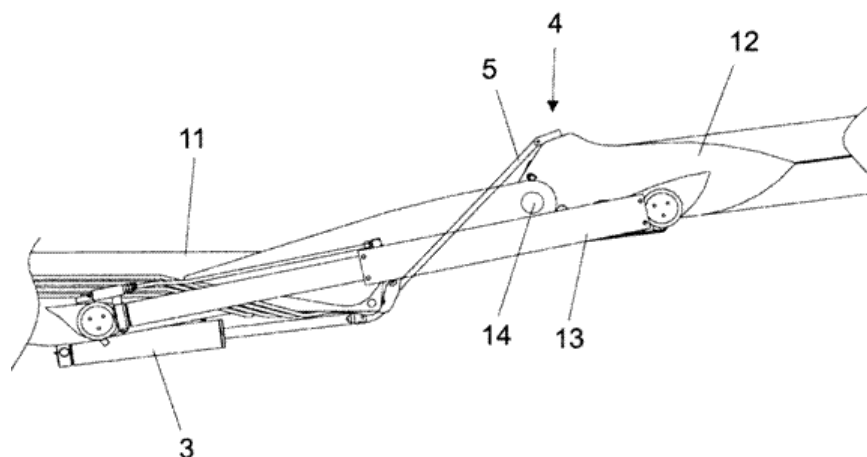


1 – гидроцилиндр; 2 – стрела; 3 – колонна; 4,5 – ролики; 6, 7 - направляющие

Рисунок 2.3 – Механизм подъема стрелы манипулятора [5]

В результате использования предложенной конструкции обеспечивается подъем стрелы при постоянной угловой скорости и оптимальном положении гидроцилиндра с минимальным усилием на штоке при подъеме стрелы на заданный угол, соответственно не возникают динамические нагрузки и снижаются энергозатраты, что позволяет повысить надежность стрелового оборудования грузоподъемных кранов и манипуляторов.

Изобретение [6] касается крана, в частности автокрана, снабженного первой стреловой секцией крана и, по меньшей мере, одной второй стреловой секцией крана, которые соединены друг с другом через шарнир и могут поворачиваться относительно друг друга посредством привода, снабженного блоком поршень-цилиндр, соответственно начиная из одного из двух конечных положений, в котором стреловые секции крана расположены по существу параллельно друг другу, до достижения мертвой точки, когда продольная ось блока поршень-цилиндр находится по существу на одной линии с шарниром.



3 – поршень-цилиндр; 5 – цепь; 11, 12 – стреловая секция; 13 – блок; 14 – шарнир;

Рисунок 2.2 – Кран с преодолением мертвой точки [6]

На рисунке 2.2 показана первая стреловая секция крана, которая через шарнир соединена со второй стреловой секцией крана. С нижней стороны первой стреловой секции крана расположен дополнительный привод, который снабжен блоком поршень-цилиндр. Блок поршень-цилиндр соединен через цепь со второй стреловой секцией крана. Раскладывание происходит, как обычно, без использования дополнительного привода – блок поршень-цилиндр выдвигает вторую стреловую секцию крана до тех пор, пока блок не попадет в область мертвой точки (когда продольная ось блока и шарнир лежат на одной линии). Под действием силы тяжести положение мертвой точки преодолевается, и блок может втягиваться и перемещать вторую стреловую секцию крана. Для складывания второй стреловой секции крана блок выдвигается до тех пор, пока он не попадет в область своей мертвой точки. Теперь блок поршень-цилиндр дополнительного привода втягивается, цепь перемещает вторую стреловую секцию крана, и блок

преодолевают при этом свое положение мертвой точки. В заключение блок поршень-цилиндр втягивается до тех пор, пока обе стреловые секции крана не достигнут своего конечного положения, положения парковки.

Технический результат: преодоление мертвой точки блока поршень-цилиндр относительно шарнира в короткие сроки.

Авторами патента [7] предложено устройство для телескопирования 4-секционной стрелы автомобильного крана.

Устройство для телескопирования содержит операторский джойстик, связанный с гидрораспределителем, 4-секционную телескопическую стрелу, на конце первой секции закреплен датчик, на второй секции в заранее определенном месте, отличном от начала секции, закреплена метка. Вторая, третья и четвертая секции стрелы установлены с возможностью перемещения вдоль своей оси с помощью гидроцилиндров, соединенных посредством гидравлической связи с гидрораспределителем. Устройство снабжено системой управления, связанной посредством электрической связи с одной стороны с датчиком, с другой - с гидрораспределителем, а также независимым элементом управления, связанным с системой управления.

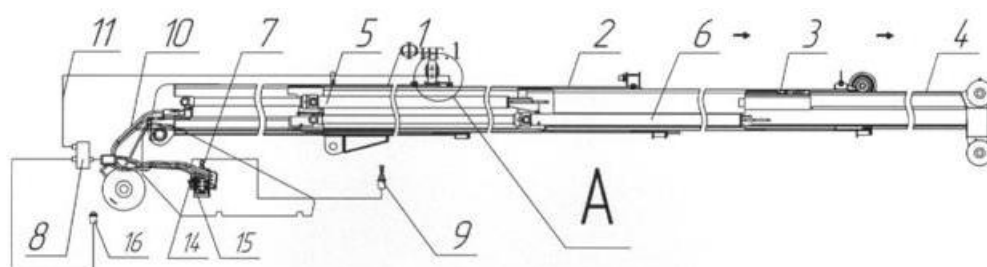


Рисунок 2.3 – Общий вид устройства [7]

Задачей изобретения как в части способа, так и устройства является повышение эффективности работы автомобильного крана, расширение его технических возможностей, связанных с повышением грузоподъемности, исходя из условия грузовой устойчивости, а также обеспечение максимальной загруженности крана исходя из условия прочности его конструкции.

Указанная задача в части способа решается тем, что в предлагаемом способе телескопирования 4-секционной стрелы автомобильного крана, включающем выдвижение пакета из трех секции - второй, третьей и четвертой - на первом этапе, синхронное выдвижение третьей и четвертой секции до конца на втором этапе, согласно изобретению вторую секцию стрелы выдвигают частично. При поднятии грузов меньшей массы на большую высоту вторую секцию стрелы выдвигают полностью.

Манипулятор [8] для подъема груза содержит стрелу с крайними, средними и дополнительными V-образными звеньями, выполненными из трубчатых стержней одинаковой длины и разнесенных проушин со скрещивающимися стержнями под равными углами между крайними и дополнительными звеньями. К крайним, средним и дополнительным звеньям

закреплены вспомогательные звенья, образующие с их вершинами силовые треугольники и образующие вершину стрелы, а также манипулятор снабжен наружными звеньями для поворота крайнего звена для подъема груза. Манипулятор также содержит захваты, приваренные к вспомогательным звеньям, привод в виде гидроцилиндра, раму, выполненную с возможностью поворота с помощью поворотного круга относительно тележки манипулятора, выполненной с возможностью передвижения по монорельсу, пневмодвигатель и гидронасос с пультом управления, жестко связанный с рамой. Количество звеньев манипулятора равно двадцати четырем, включая два крайних звена, четыре средних звена, два дополнительных звена, два наружных звена, двенадцать вспомогательных звеньев, раму и привод.

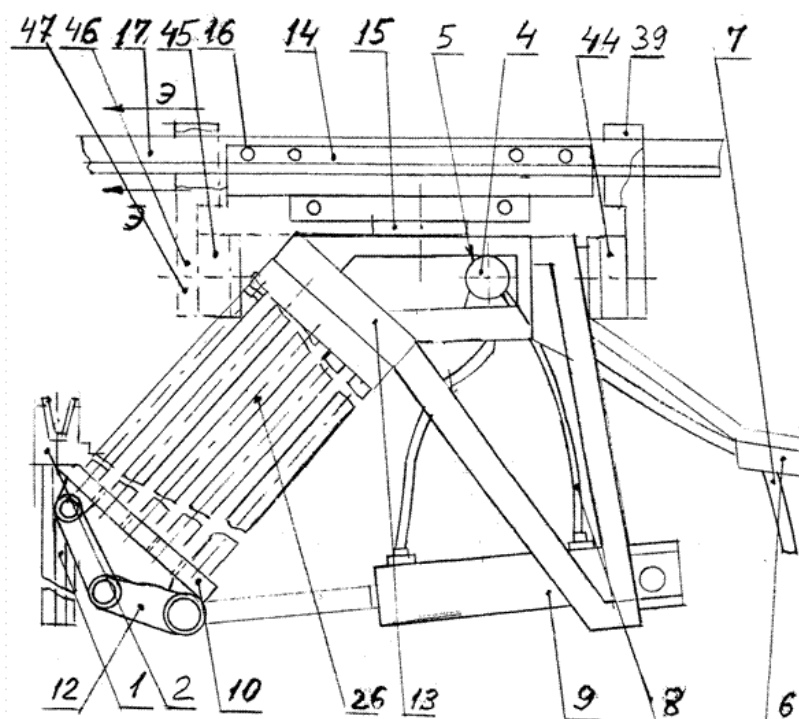


Рисунок 2.4 – Фронтальная проекция манипулятора [8]

Авторами патента [9] предложена опорная лапа для стабилизаторов фигуры из пластмассового или полимерного материала, имеющий большее основание, которое расположено в нижней части корпуса для опоры на опорную поверхность, и меньшее основание, расположенное параллельно большему основанию в верхней части корпуса, и содержит элементы для размещения разъединяемого соединения со стержнем гидравлической или механической стойки, отличающаяся тем, что элементы разъединяемого соединения, расположенные на меньшем основании корпуса, содержат сферическую полость, расположенную в указанном корпусе, при этом горловина сферической полости имеет диаметр, меньший по отношению к диаметру (d) соответствующего сферического элемента, соединенного со стержнем стойки.

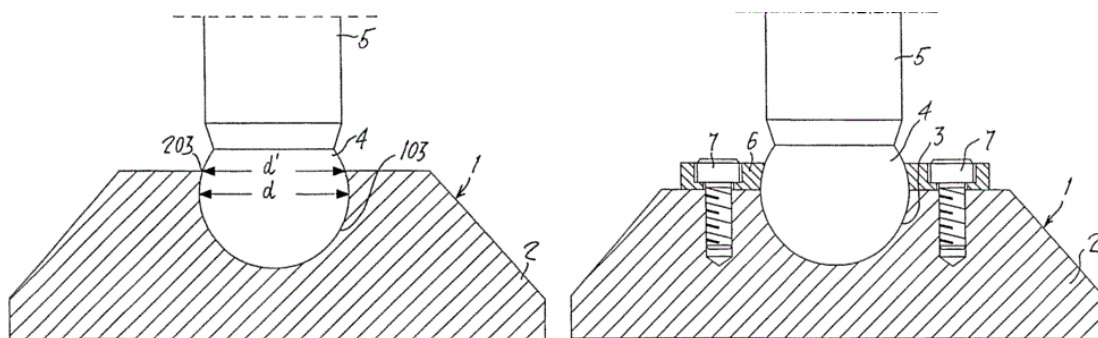


Рисунок 2.5 – Опорная лапа стабилизатора

Достигается эффективное и надежное, но быстрое и удобное разъединяемое соединение опорной лапы с концом стержня гидравлической или механической стойки. Описанные технические решения предотвращают попадание воды, грязи или гравия между сферической головкой и сферической полостью, что могло бы привести к возникновению неисправностей, преждевременному износу и непредвиденной поломке при нагрузке.

В таблице 2.1 сведены основные выявленные пути модернизации крана на колонне.

Таблица 2.1 – Патентный анализ

Цель модификации	Путь
Устойчивость конструкции, удобство крепления	- удержание башенного крана в вертикальном рабочем состоянии с возможностью многократного крепления опоры крана к сооружению с различными высотами потолков и на произвольном расстоянии от крана [3]
Снижение энергозатрат	- установка вращающегося гидроцилиндра, совершающего поступательные движения и занимающего положение с минимальными усилиями [5]
Обеспечение постоянной скорости подъема груза	- установка дополнительного привода [6] - варьирование степени выдвижения секций стрелы в зависимости от массы груза и высоты подъема [7]
Повышение надежности	- установка линейного привода [6] - установка стержня гидравлической стойки к опорной лапе [9]
Повышение эффективности	- неполное выдвижение секции стрелы [7] - наличие дополнительных звеньев в различных конфигурациях [4,8] - установка единой поворотных шарниров стрелы [8]

3 Описание конструкции крана на колонне

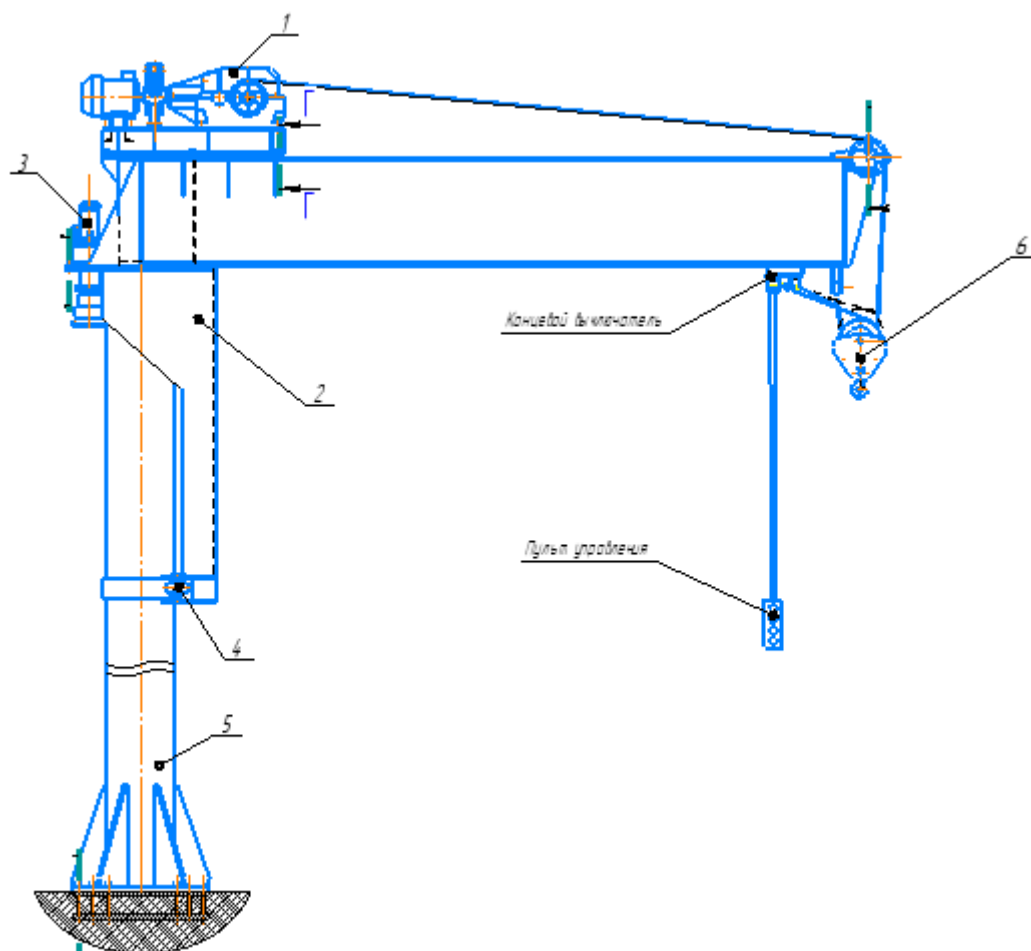
Кран на колонне представляет собой стрелу на колонне с закрепленным на ней механизмом подъема, вращающуюся вокруг своей оси на угол до 360 градусов.

Монтируется на бетонный фундамент посредством опорного фланца и анкерных болтов.

Кран состоит из консоли (стрелы), колонны, привода, тали электрической либо ручной.

Управление электрическим краном осуществляется при помощи 6-ти кнопочного кабельного пульта с кнопкой аварийной остановки. Возможна установка опции радиоуправления для комфортной дистанционной работы с краном. Поворот стрелы ручных кранов осуществляется посредством оттяжки, подъем, опускание груза либо вручную либо при помощи электрической передвижной тали и пульта управления

Механизмом подъема и перемещения груза является тельфер (таль), который передвигается вдоль стрелы крана.



1 – механизм подъема, 2 – металлоконструкция, 3 – механизм поворота, 4 – металлоконструкция с опорными узлами, 5 – неподвижная колонна, 6 – крюковая подвеска

Рисунок 3.1 – Внешний вид крана на колонне

3 Расчет основных параметров

Исходные данные:

Грузоподъемность $Q = 0,5$ т.

Скорость подъема груза $V_{\text{п}} = 8$ м/мин.

Частота вращения крана $V_{\text{пов}} = 2.5$ об/мин.

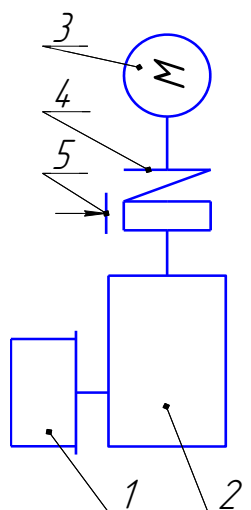
Высота подъема груза $H = 3$ м.

Вылет стрелы $L_{\text{max}} = 2$ м.

Режим работы крана А1 (ISO).

Режим работы механизма 1М, ПВ = 15%

Механизм подъема груза состоит: из барабана – (1), редуктора – (2), электродвигателя – (3), упругой муфты – (4), тормоза – (5).



1 – барабан; 2 – редуктор; 3 – электродвигатель; 4 – упругая муфта; 5 – тормоз

Рисунок 4.1 – Механизм подъема груза

Выбираем следующие параметры полиспастов.

$a = 2$ – число ветвей каната, на которых подвешен груз.

$m = 1$ – число канатов.

$t = 1$ – число отклоняющих блоков.

3.1 КПД полиспаста и отклоняющих блоков

Коэффициент полезного действия полиспаста определим по формуле:

$$\eta_n = \frac{1 + \eta + \eta^2 + \dots + \eta^{a-1}}{a} \eta^t,$$

где $\eta = 0,97$ – КПД блока;

a – кратность полиспаста, $a = 2$;

$t = 1$ – число отклоняющих блоков.

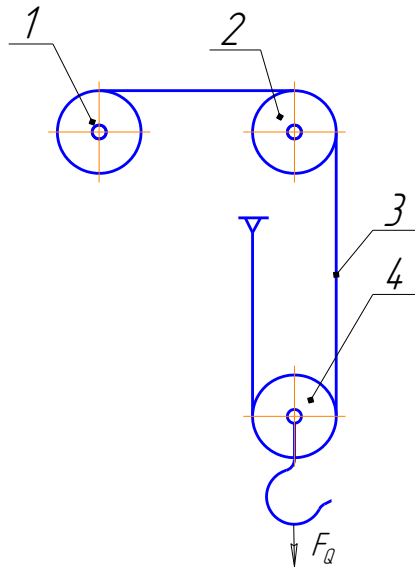


Рисунок 4.2 – Полиспаст

Таким образом, КПД полиспаста:

$$\eta_n = \frac{1 + 0,97^1}{2} * 0,97^1 = 0,955.$$

3.2 Выбор двигателя

Статическая мощность двигателя:

$$P_{ст} = \frac{(F_Q + G_{зax}) \cdot V}{60000 \cdot \eta_{мех}}, \text{ где}$$

$$F_Q = Q \cdot g = 500 \cdot 10 = 5000H = 5кН$$

$$G_{зax} = 0.03F = 5000 \cdot 0.03 = 150H = 0,15кН$$

$$\eta_{мех} = \eta_{муф} \cdot \eta_{ред} \cdot \eta_{бар} \cdot \eta_n = 0,99 \cdot 0,97 \cdot 0,98 \cdot 0,955 = 0,899$$

$$P_{ст} = \frac{(5000 + 150) \cdot 8}{60000 \cdot 0,899} = 0,76кВт$$

Выбираем 2 двигателя для сравнения

1- АИР80А4ИМ203 мощностью $P_{дв}=1,1$ кВт при ПВ15%, частотой вращения $n_{дв}=1500$ об/мин,

2- АИР80А4Е мощностью $P_{дв}=1,1$ кВт при ПВ15%, частотой вращения $n_{дв}=1000$ об/мин,

Наибольшая сила натяжения в канате:

$$F_{max} = \frac{F_Q + G_{зax}}{m \cdot a \cdot \eta_{пол}}$$

$$F_{max} = \frac{5000 + 150}{1 \cdot 2 \cdot 0,955} = 2696H$$

Выбираем канат из условия $F_{разр} \geq F_{max} \cdot k$

$k=5$ – коэффициент запас прочности, для режима работы 1М.

$$F_{разр} = 2696 \cdot 5 = 13480 H$$

Выбираем канат типа 3,8-Г-I-ОЖ-Н-1370 по ГОСТ 2688-80 с параметрами:

$$d_{кан} = 5,1 мм, F_{разр} = 14600 кН, \sigma_s = 1770 МПа$$

Диаметр барабана по дну канавки:

$$D_{бар} \geq d_{кан} (e - 1) = 5,1 * (16 - 1) = 76,5 мм$$

Принимаем $D_{бар} = 80 мм$.

Число рабочих витков:

$$z = \frac{a \cdot H}{\pi(D_{бар} + d_{кан})}$$

$$z = \frac{2 \cdot 3000}{3,14(80 + 5,1)} = 22,5 \approx 23$$

$p=5$ мм – шаг нарезки.

Длина барабана:

$$L_{бар} = p(Z_p + 6)$$

$$L_{бар} = 5(23 + 5) = 140 мм$$

$L_{бар} > 80 мм$, условие не выполнено.

Принимаем $D_{бар} = 100 мм$.

Число рабочих витков.

$$z = \frac{2 \cdot 3000}{3,14(100 + 5,1)} = 18$$

$p=5$ мм – шаг нарезки.

Длина барабана:

$$L_{бар} = 5(18 + 5) = 115 мм$$

$L_{бар} > 100 мм$ на 15%.

Предварительная частота вращения.

$$n_{бар} = \frac{a \cdot V}{\pi(D_{бар} + d_{кан})}$$

$$n_{бар} = \frac{2 \cdot 8000}{3,14(100 + 5,1)} = 48,52$$

Передаточное отношение:

$$i_{ред} = \frac{n_{дв}}{n_{бар}}$$

$$i_{ред1} = \frac{1500}{48,5} = 31 \quad i_{ред2} = \frac{1000}{48,5} = 21$$

Принимаем исходя из стандартных чисел 31,5 и 25, соответственно.
Фактическая скорость подъёма груза:

$$v_{\phi} = \frac{\pi \cdot n_{дв} (D_{бар} + d_{кан})}{i \cdot a}$$

$$v_{\phi1} = 3,14 \frac{1500(100 + 5,1) \cdot 10^{-3}}{31,5 \cdot 2} = 7,86 \text{ м/с}$$

$$v_{\phi2} = 3,14 \frac{1000(100 + 5,1) \cdot 10^{-3}}{25 \cdot 2} = 6,6 \text{ м/с}$$

Расхождение с принятой ранее скоростью:

$$\Delta 1 = \frac{v_{\phi} - v}{v} \cdot 100\% = \frac{7,86 - 8}{8} \cdot 100\% = 1,75\%, \text{ что меньше допускаемых } 10\%.$$

$$\Delta 2 = \frac{v_{\phi} - v}{v} \cdot 100\% = \frac{6,6 - 8}{8} \cdot 100\% = 17,5\%, \text{ что выше допускаемых } 10\%.$$

Окончательно выбираем двигатель АИР80А4ИМ203.

3.3 Выбор редуктора

Энергетической характеристикой современного редуктора является номинальный момент $T_{ном}$, под которым понимается допустимый вращающий момент на тихоходном валу при постоянной нагрузке и числе циклов нагружений лимитирующего зубчатого колеса, равном базовому числу циклов контактных напряжений $N_{нг}$. Номинальный вращающий момент на выходном валу выбранного редуктора должен удовлетворять условию $T_{ном} \geq T_{HE}$, где эквивалентный момент

$$T_{HE} = K_{Hg} \cdot T_{max}.$$

T_{max} – наибольший вращающий момент на тихоходном валу редуктора при нормально протекающем технологическом процессе.

$$T_H \geq T_{HE} = T_{max} \cdot K_{Hg}$$

$$T_{max} = \frac{F_{max} \cdot (D_{бар} + d_{кан})}{2\eta_{бар}^2}$$

$$T_{max} = \frac{2696 \cdot (100 + 5,1) \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,98^2} = 148 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Коэффициент K_{Hg} определим по формуле:

$$K_{Hg} = K_{HE} \cdot \sqrt[3]{\frac{N_{1T}}{N_{HG}}}$$

$N_{HG} = 12,5 \cdot 10^6$ - базовое число циклов для цилиндрических редукторов.

Наработка наибольшего нагруженного колеса в редукторе:

$$N_{1T} = 60 t_{\Sigma} \cdot \frac{n_{\partial \partial} \cdot i_T}{i_{ред}}$$

Примем $i_T = 6$ – передаточное число тихоходной ступени.

Машинное время работы принимаем $t_{\Sigma} = 2000$ ч.

$$N_{1T} = 60 \cdot 2000 \cdot \frac{1500 \cdot 6}{50} = 21,6 \cdot 10^6$$

$$K_{Hg} = 0,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{21,6 \cdot 10^6}{12,5 \cdot 10^6}} = 0,6$$

$$T_{HE} = 0,6 \cdot 148 = 88,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Выбираем редуктор типа 1Ц2У-150 с передаточным числом 31,5 и $T = 5000 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Допустимая радиальная нагрузка на тих.вал $F_{ном} = 3150 \text{ Н}$

Коэффициент долговечности для редукторов:

$K_{HE} = 0,5$ - для $t_{\Sigma} = 2000$ ч и режима работы 1М.

Проверка редуктора по консольной нагрузке

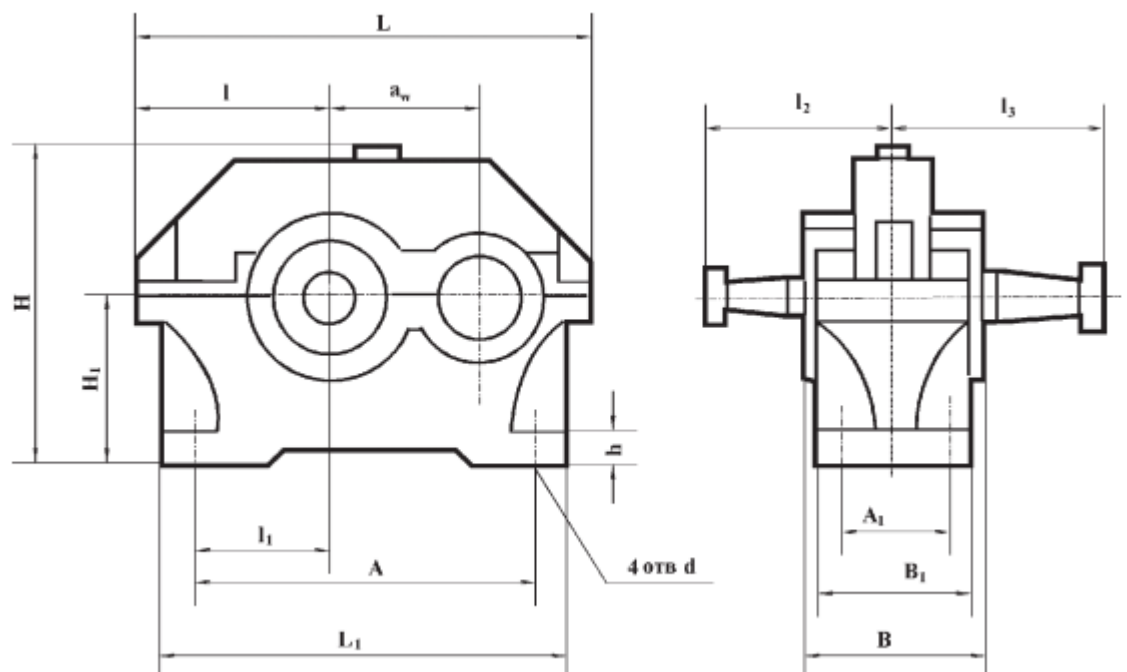


Рисунок 4.3 – Геометрия редуктора типа 1ЦУ [12]

$$F_{ном} \geq F_{max} \cdot K_{HE} \left(\frac{L_p}{B_p} + 0,25 \right)$$

$$F_{ном} \geq 2696 \cdot 0.5 \left(\frac{325}{155} + 0.25 \right) = 3122 \text{ Н}$$

где $F_{\max}$ — наибольшая сила натяжения каната на барабане.

$3122 < 315$, условие выполняется.

Проверка выбранного двигателя.

Должно выполняться условие:

$$0.7 < \frac{P_{ст}}{P} < 1.05$$

Статическая мощность двигателя:

$$P_{ст} = \frac{(F_Q + G_{зах}) \cdot V}{60000 \cdot \eta_{мех}}$$

$$\frac{P_{ст}}{P} = \frac{0.76}{1.1} = 0.69$$

3.4 Выбор тормоза

Тип тормоза для режима 1М ТКП или ТКГ. Необходимый момент тормоза $T_T = k_T \cdot T_{гр}$

k_T — коэффициент запаса торможения ; $k_T = 1.4$ для 1М.

Определение требуемого момента тормоза.

Грузовой момент на валу тормозного шкива:

$$T_{эп} = \frac{(Q + G_{зах})}{2a \cdot i} \cdot (D_{бар} + d_{кан}) \eta_{обр} = \frac{(Q + G_{зах})}{2a \cdot i} \cdot (D_{бар} + d_{кан}) \cdot 0.5(1 + \eta)$$

КПД при подъеме:

$$\eta = \eta_{п} \cdot \eta_{бар} \cdot \eta_{м} \cdot \eta_{ред}$$

$$\eta = 0.955 \cdot 0.98 \cdot 0.99 \cdot 0.97 = 0.899$$

$$\eta_{обр} = 0.5 \cdot (1 + 0.899) = 0.949$$

$$T_{эп} = \frac{(5000 + 150)}{2 \cdot 2 \cdot 50} \cdot (100 + 51) \cdot 0.949 \cdot 10^{-3} = 2.57 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_T \geq T_{гр} \cdot k_T = 2.57 \cdot 1.4 = 3.6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Выбираем ТКП200/100 с $T_T = 40 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Тормоз установлен между двигателем и редуктором, поэтому тормозной шкив выполняется на редукторной полумуфте.

3.5 Блоки

Диаметр блока по дну ручья:

$$D_{бл} \geq d_{кан}(e-1) = 5.1(17-1) = 81.6 \text{ мм}$$

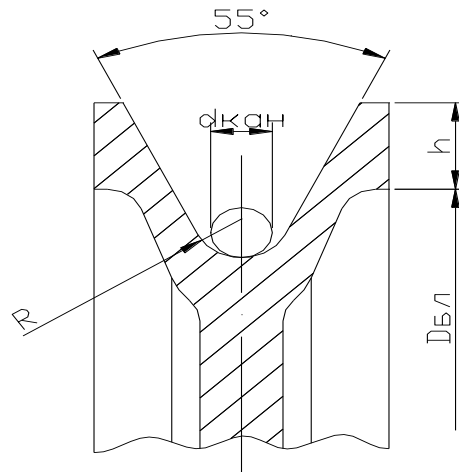


Рисунок 4.4 – Расчетная схема блока[12]

Диаметр блока принимаем равным барабану $D_{\text{БЛ}}=100\text{мм}$

$$R = (0,6 \dots 0,7) \cdot d_{\text{кан}} = 0,6 \cdot 5,1 = 3,06 \text{ мм}$$

$$h = (2 \dots 2,25) \cdot d_{\text{кан}} = 2 \cdot 5,1 = 10,2 \text{ мм}$$

Частота вращения отклоняющего блока об/мин. $n_{\text{откл}} = 33,8 \text{ об/мин}$

Наибольшая нагрузка на подшипниках блока полиспаста:

$$F_n = \frac{2F_{\text{max}}}{z_n}$$

$$F_n = \frac{2 \cdot 2696}{2} = 2696 \text{ Н}$$

где z_n – число подшипников блока

Эквивалентная динамическая нагрузка на подшипник блока:

$$P_E = F_n \cdot u \cdot k_B \cdot k_{HE}$$

$$P_E = 2696 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 0,5 = 2103 \text{ Н}$$

где K_{HE} – коэффициент эквивалентности, $u=1,2$ – коэффициент вращения наружного кольца, $K_B=1,3$ – коэффициент безопасности.

Принимаем Подшипник 60104 ГОСТ 7242-81.

$d=20\text{мм}$ $D=42\text{мм}$ $B=10\text{мм}$

$Cr=9360\text{Н}$ $Co=4500\text{Н}$

$$L_{10ah} = a_1 \cdot a_{23} \left(\frac{Cr}{P_E} \right)^k \cdot \frac{10^6}{60n}$$

$$L_{10ah} = 1 \cdot 0,8 \cdot \left(\frac{9360}{2103} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 33,8} = 34780 \text{ час} > 2000 \text{ час}$$

Условие $Pr < 0,5C_0$ выполняется $2103 < 4500$.

3.6 Крюковая подвеска

Выбираем крюк однорогий по ГОСТ 6627-74 для грузоподъемных машин и механизмов с машинным приводом исполнение 1.

№ крюка – 12

Наибольшая грузоподъемность – 4000Н

Подшипник крюка шариковый упорный однорядный №ВАЗ $C_{0a} = 17000Н$

Упорный подшипник выбирается из условий статической грузоподъемности.

$$P = Q \leq C_0 / 4$$

4000 Н < 4250 Н – условие выполняется, подшипник проходит с запасом.

Определение веса привода.

Масса привода:

$$m = m_{\text{эд}} + m_{\text{ред}} + m_{\text{т}} + m_{\text{м}} + m_{\text{р}} + m_{\text{бар}},$$

где $m_{\text{эд}}$ – масса электродвигателя ($m_{\text{эд}} = 12,8 \text{ кг}$),

$m_{\text{ред}}$ – масса редуктора ($m_{\text{ред}} = 170 \text{ кг}$),

$m_{\text{т}}$ – масса тормоза ($m_{\text{т}} = 18,5 \text{ кг}$),

$m_{\text{м}}$ – масса муфты ($m_{\text{м}} = 1,2 \text{ кг}$),

$m_{\text{р}}$ – масса рамы, кг,

$m_{\text{бар}}$ – масса барабана ($m_{\text{бар}} = 82 \text{ кг}$).

масса 1 м швеллера 12,3 кг.

$$m_{\text{р}} = 1,1 \cdot 2,3 \cdot 12,3 = 31 \text{ кг.}$$

$$m = 12,8 + 170 + 1,2 + 18,5 + 31 + 15 + 82 = 330,5 \text{ кг}$$

Вес механизма подъема:

$$G_{\text{мп}} = m \cdot g$$

$$G_{\text{мп}} = 3305 \text{ Н.}$$

3.7 Определение основных размеров металлоконструкции

Исходными данными для расчета является длина вылета L , грузоподъемность Q .

Высота балки:

$$h = 0,9 \sqrt[4]{F_Q \cdot L^2}$$

$$h = 0,9 \sqrt[4]{5000 \cdot 3900^2} = 226 \text{ мм}$$

Принимаем стандартный двутавр №24 $h = 240 \text{ мм}$

Высота колонны:

$$H_{\text{кол}} = H + 0,6 + 0,3 = 3,0 + 0,8 + 0,5 = 4,3 \text{ м}$$

Диаметр колонны:

$$D_{\text{кол}} = 0,5 \sqrt[4]{F_Q L \cdot H_{\text{кол}}}$$

$$D_{\text{кол}} = 0,5 \sqrt[4]{5000 \cdot 3700 \cdot 4300} = 307 \text{ мм}$$

Принимаем $D_{\text{кол}} = 320 \text{ мм}$.

Толщина стенки колонны:

$$\delta_{\text{кол}} = (0.05 \dots 0.08) D_{\text{кол}}$$

$$\delta_{\text{кол}} = (0.05 \dots 0.08) \cdot 320 = 6,4 \dots 25,6 \text{ мм}$$

принимаем $\delta_{\text{кол}} = 15 \text{ мм}$.

Момент инерции колонны:

$$I_{\text{кол}} = 0.32 D_{\text{кол}}^3 \cdot \delta_{\text{кол}}$$

$$I_{\text{кол}} = 0.32 \cdot 320^3 \cdot 15 = 157,3 \cdot 10^6 \text{ мм}^4$$

3.7.1 Проверка статического прогиба

Эпюра изгибающих моментов аналогична приведенной на рисунке 4.5.

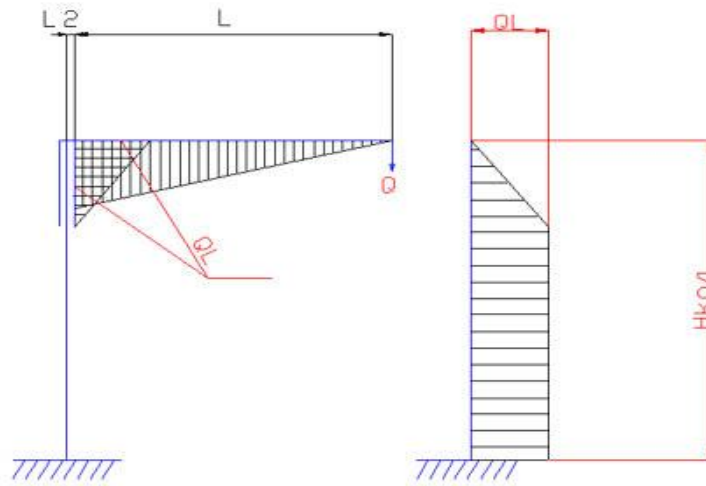


Рисунок 4.5 – Эпюра изгибающих моментов

Расчетная длина стрелы:

$$l_p = L - h - D_{\text{кол}} / 2 - \Delta$$

$$l_p = 3900 - 1000 - 320 / 2 - 10 = 2730 \text{ мм}$$

Расстояние между подшипниками:

$$h_n = 0.36 L \cdot \sqrt[6]{\frac{F_Q}{L}}$$

$$h_n = 0.36 \cdot 3900 \cdot \sqrt[6]{\frac{5000}{3900}} = 1463 \text{ мм}$$

Принимаем $h_n = 1500 \text{ мм}$.

Фактический прогиб:

$$f_{cm} = \frac{F_Q}{EJ} \cdot l_p \cdot \frac{l_p}{2} \cdot \frac{2}{3} l_p + \frac{F_Q}{EJ} \cdot L \cdot \frac{h_p}{2} \cdot \frac{2}{3} L + \frac{F_Q}{EI_{\text{кол}}} \left[L \cdot \frac{h_p}{2} \cdot \frac{2}{3} L + L(H_{\text{кол}} - h_p)L \right]$$

$$f_{cm} = \frac{5000}{2 \cdot 10^5 \cdot 157,3 \cdot 10^6} \cdot \frac{2730^3}{3} + \frac{5000}{2 \cdot 10^5 \cdot 157,3 \cdot 10^6} \cdot 3900^2 \cdot \frac{2730}{3} +$$

$$+ \frac{5000}{2 \cdot 10^5 \cdot 157,3 \cdot 10^6} \left[3900^2 \cdot 1500 \cdot \frac{2}{3} + 3900^2 (4300 - 3000) \right] = 7,23 \text{ мм}$$

Допустимый прогиб:

$$[f_{cm}] = \frac{L}{400} = \frac{3900}{400} = 9,75 \text{ мм}$$

Как видно, фактический прогиб не превышает допустимый.

3.7.2 Определение веса металлоконструкции

Вес стрелы:

$$G_{стр} = 2 \cdot 10^{-6} L \cdot l_{см} \cdot \sqrt{F_Q}$$

$$G_{стр} = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 3900 \cdot 2730 \cdot \sqrt{5000} = 1506 \text{ Н}$$

Координаты центра тяжести стрелы:

$$x = 0,4L = 0,4 \cdot 3900 = 1560 \text{ мм}$$

Вес подвижной колонны:

$$G_{подвк} = G_{стр} \cdot \frac{h_n}{L}$$

$$G_{подвк} = 1560 \cdot \frac{1463}{3900} = 585 \text{ Н}$$

Вес неподвижной колонны:

$$G_{кол} = 2,5 \cdot 10^{-4} D_{кол} \cdot \delta_{кол} \cdot H_{кол}$$

$$G_{кол} = 2,5 \cdot 10^{-4} \cdot 320 \cdot 15 \cdot 4300 = 5160 \text{ Н}$$

3.7.3 Проверка времени затухания колебаний

Приведенная масса:

$$m = \frac{(G_{стр} + G_{подвк}) \cdot H^2}{3(L + 3H)^2} \cdot \left[1 + \frac{L}{H} + \left(\frac{H}{L} \right)^2 \right] + 0,03Q$$

$$m = \frac{(1560 + 585) \cdot 3^2}{3(3,9 + 3 \cdot 3)^2} \cdot \left[1 + \frac{3,9}{3} + \left(\frac{3}{3,9} \right)^2 \right] + 0,03 \cdot 5000 = 262 \text{ кг}$$

Жесткость:

$$c = \frac{1,3F_Q}{f_{cm}}$$

$$c = \frac{1,3 \cdot 5000}{7,23 \cdot 10^{-3}} = 0,9 \cdot 10^6 \text{ Н / м}$$

Период собственных колебаний:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{c}}$$

$$T = 2 \cdot 3,14 \sqrt{\frac{262}{0,9 \cdot 10^6}} = 0,1 \text{ с}$$

Логарифмический декремент затухания:

$$\lambda = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{T^2} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{0.1^2} = 0.4$$

Начальная амплитуда:

$$f_0 = \frac{F_Q}{c}$$

$$f_0 = \frac{5000}{7,23 \cdot 10^6} = 0,69 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$$

Время затухания колебаний:

$$t = \frac{T}{\lambda} \ln \left(\frac{f_0}{5 \cdot 10^{-4}} \right)$$

$$t = \frac{0.1}{0.4} \ln \left(\frac{0,69 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-4}} \right) = 0.08 \text{ с}$$

Время затухания не превышает допустимое значение 10 секунд.

3.8 Расчет подшипников опорных узлов

Расчет подшипников производится на статическую и динамическую грузоподъемность, т.к. вращения крана $1 \leq n_{кр} \leq 10 (\text{мин}^{-1})$.

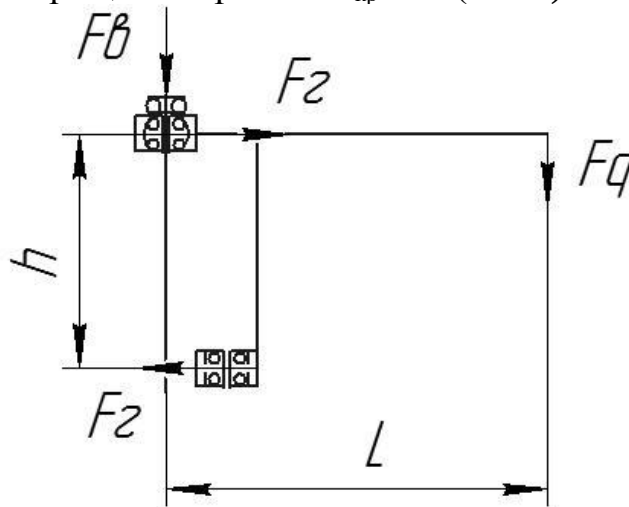


Рисунок 4.6 – Усилия на подшипники

Нагрузку на опорные узлы определяют при подъеме номинального груза.

Вертикальная нагрузка, Н.

$$F_B = F_Q + G_{\text{захв}} + G_{\text{стр}} + G_{\text{мп}}$$

$$F_B = 5000 + 150 + 1560 + 3305 = 10015 \text{ Н}$$

Горизонтальная нагрузка:

$$F_2 = \frac{1,03(F_Q) \cdot L + G_{\text{стр}} \cdot x_{\text{стр}}}{h'_{II}}$$

$$F_2 = \frac{1,03 \cdot 5000 \cdot 3,9 + 1560 \cdot 1,56}{1,5} = 15012 \text{ Н}$$

Верхняя опора состоит из двух подшипников: сферического и

упорного. Данный тип подшипников допускает большие углы перекосов во время работы крана.

Тип подшипника: роликовый сферический двурядный – 3508

Динамическая грузоподъемность $C_r = 33,3$ кН.

Статическая грузоподъемность $C_{r0} = 57$ кН.

$$Pr = F_z \cdot \xi$$

$$Pr = 15012 \cdot 2,25 = 33777H$$

$\xi = 2,25$ для опоры с открытой зубчатой передачей.

$$33777 < 57000$$

Выбранный подшипник проходит.

Тип подшипника: шариковый упорный одинарный 3608.

Динамическая грузоподъемность $C_a = 64,9$ кН

Статическая грузоподъемность $C_{a0} = 95$ кН.

$$Pa = F_B \cdot \xi$$

$$Pr = 15012 \cdot 4 = 60048H$$

$$60048 < 95000.$$

Нижняя опора состоит из двух пар шариковых радиальных подшипников ГОСТ 7242-71.

Принимаем №60301

Статическая грузоподъемность $C_0 = 4,65$ кН

Динамическая грузоподъемность $C = 9,75$ кН.

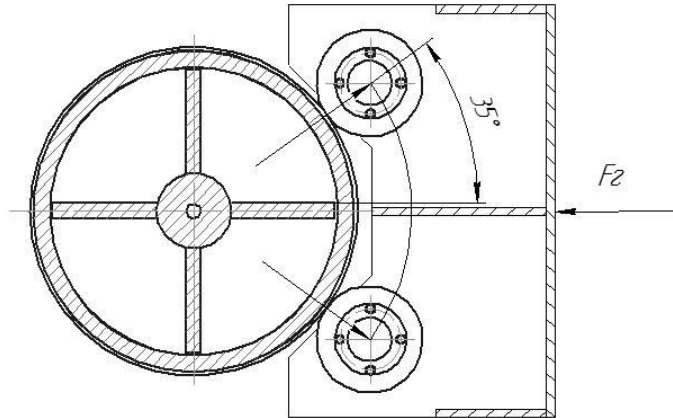


Рисунок 4.7 – Расчетная схема подшипника

$$Pr = F_z \cdot \xi$$

$$Pr = 15012 \cdot \cos 35 \cdot 2 / 4 = 6147H$$

$$6147 < 9750$$

$\xi = 2,0$ для опоры без зубчатых передач.

3.9 Механизм поворота

Исходные данные

Грузоподъемная сила $F_Q = 5000$ Н;

Частота вращения $n = 2.5 \text{ м/мин}$;

Коэффициент эквивалентности $k_{HE} = 0,5$;

Машинное время работы $t_{\Sigma} = 2000 \text{ ч}$;

Привод механизма представляет собой электродвигатель со встроенным тормозом, волновой редуктор, открытую зубчатую пару, колесо которой является частью металлоконструкции.

Момент инерции поворотной части крана:

$$J_{\text{пов. ч.}} = J_{\text{стр}} + J_{\text{гр}}$$

где $J_{\text{стр}}$ – момент инерции стрелы, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$,

$J_{\text{гр}}$ – момент инерции груза, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$.

$$J_{\text{стр}} = \frac{G'_{\text{стр}} \cdot x'^2_{\text{стр}}}{g}$$

где $x'_{\text{стр}}$ – координата центра тяжести стрелы, м.

$$J_{\text{стр}} = \frac{1560 \cdot 1,56^2}{9,81} = 248 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$J_{\text{зр}} = \frac{F_Q \cdot L^2}{g}$$

$$J_{\text{зр}} = \frac{5000 \cdot 3,9^2}{9,81} = 7752 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$J_{\text{мп}} = 0$$

$$J_{\text{пов. ч.}} = 248 + 7752 = 8000 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Предварительный расчет мощности электродвигателя. В предварительном расчете определяем мощность, требуемую с учетом сил инерции при пуске и мощность при установившемся движении.

Номинальная частота вращения электродвигателя $n'_H = 0,9n_c$

Ориентируемся на двигатель с синхронной частотой $n_c = 1500 \text{ об/мин}$.

Асинхронная частота $n'_H = 0,9 \cdot 1500 = 1350 \text{ об/мин}$.

Предварительное передаточное отношение редуктора:

$$u'_{\text{ред}} = \frac{n'_H}{n_K} = \frac{1350}{2,5} = 540$$

Ориентируемся на волновой редуктор и открытую зубчатую пару.

Приведенный момент инерции при пуске:

$$J'_{\text{пр п}} = \frac{J_{\text{пов. ч.}}}{u'^2 \cdot \eta}$$

где u – передаточное отношение привода,

η – КПД привода.

При данном передаточном отношении целесообразно использовать в приводе волновой редуктор. Для волнового редуктора $\eta \approx 0,77$.

$$J'_{\text{пр п}} = \frac{8000}{540^2 \cdot 0,77} = 0,036 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Предварительное относительное время пуска.

Ориентируемся на двигатель с короткозамкнутым ротором серии 4АС.
Для двигателя с короткозамкнутым ротором:

$$t'_{по} = \frac{1}{\rho \cdot (m' - \alpha')}$$

В предварительных расчетах принимаем: $\rho=0,75$, а для двигателей серии АС: $\alpha'=0,5$ – коэффициент загрузки электродвигателя (кратность загрузки), $\alpha'=\frac{P_{ст}}{P_H}$ или $\alpha'=\frac{T_{ст}}{T_H}$; $m'=2,2$ – коэффициент максимальной перегрузочной способности электродвигателя ($m' = \frac{T_{max}}{T_H}$), тогда:

$$t'_{по} = \frac{1}{0,75 \cdot (2,2 - 0,5)} = 0,78$$

Предварительно время пуска рассчитываем по допускаемому ускорению:

$$t'_п = \frac{v}{60 \cdot a'}$$

a' – допускаемое значение ускорения (м/сек²) при пуске и торможении для механизмов передвижения выбирают по таблице для технологических кранов для обеспечения нормальной работы.

$$V = 2 \cdot \pi \cdot L \cdot n_{кр}$$

$$V = 2 \cdot 3,14 \cdot 3,9 \cdot 2,5 = 31,4 \text{ м/мин.}$$

Таблица 4.1

Назначение крана и тип грузозахватного устройства	Грузоподъемность F_Q , кН		
	До 32	32...125	Свыше 125
Крюковые краны с ручной строповкой	0,25	0,2	0,15
Краны для транспортировки жидких металлов	0,15	0,1	0,05
Краны с грейферными, магнитными захватами, с автоматическими захватами, например, вакуумными	0,3		

$$t'_п = \frac{31,4}{60 \cdot 0,25} = 2,1.$$

Рассчитываем номинальный вращающий момент электродвигателя, требуемый с учетом сил инерции при пуске:

$$T'_H = \frac{\pi \cdot J'_{пр.п} \cdot n'_H \cdot t'_{по}}{30 \cdot t'_п},$$

$$T'_H = \frac{3,14 \cdot 0,036 \cdot 675 \cdot 0,7843}{30 \cdot 2,1} = 1,1 \text{ Нм.}$$

Номинальная мощность электродвигателя с учетом сил инерции при пуске:

$$P'_H = \frac{T'_H \cdot n'_H}{9550}$$

$$P'_H = \frac{9,8 \cdot 1350}{9550} = 1,38 \text{ кВт.}$$

Мощность двигателя при установившемся движении.

$$P_{ст} = \frac{T_{тр} \cdot n_{кр}}{9550 \cdot \eta},$$

Где $T_{тр}$ – момент сопротивления повороту относительно оси колонны, Н·м.

$$T_{тр} = F_B \cdot f_1 \cdot \frac{d_1}{2} + F_c \cdot f_2 \cdot d_2, \text{ где}$$

f_1, f_2 – приведенные коэффициенты трения для подшипников (для роликовых подшипников $f_1 = f_2 = 0,02$),

d_1, d_2 – внутренние диаметры подшипников, м.

$$T_{тр} = 10015 \cdot 0,02 \cdot \frac{0,04}{2} + 33777 \cdot 0,02 \cdot 0,06 = 22 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$P_{ст} = \frac{22 \cdot 2,5}{9550 \cdot 0,77} = 0,07 \text{ кВт}$$

4А63А4Е2У1,2 с мощностью $P_H = 0,18$ кВт, $n_{дв} = 1500$ мин⁻¹выписываем из каталога: $J_{эд} = 0,0011 \text{ кгм}^2$, $m = T_{max}/T_H = 2,2$.

$$P_H \geq P_H' = 0,18 > 0,07.$$

Уточнение предварительных расчетов.

Номинальный вращающий момент двигателя:

$$T_H = \frac{9550 \cdot P_H}{n_H} = \frac{9550 \cdot 0,18}{1500} = 1,15 \text{ Нм.}$$

Передаточное отношение привода:

$$u_q = \frac{n_H}{n_K} = \frac{1500}{2,5} = 600$$

Приведенный момент инерции при пуске:

$$J_{пр п} = J'_{пр п} + J_{эд}$$

$$J_{пр п} = 0,036 + 0,001 = 0,037 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Относительное время пуска:

$$t_{по} = \frac{1}{\rho \cdot (m - \alpha)} = \frac{1}{1,55 \cdot (2,2 - 0,072)} = 0,3,$$

$$(\rho = 1,55, \alpha = \frac{P_{ст}}{P_H} = \frac{0,013}{0,18} = 0,072, m = \frac{T_{max}}{T_H} = 2,2 - \text{из каталога}).$$

Время пуска:

$$t_{п} = \frac{\pi \cdot J_{пр.п} \cdot n_H \cdot t_{по}}{30 \cdot T_H} = \frac{3,14 \cdot 0,037 \cdot 1500 \cdot 0,78}{30 \cdot 1,15} = 4 \text{ с.}$$

Ускорение при пуске:

$$a = \frac{v_{\phi}}{60 \cdot t_{п}} = \frac{31}{60 \cdot 4} = 0,13 \text{ м/с}^2 < [0,2] \text{ м/с}^2.$$

Заключение

Объектом исследования является подъемно-транспортное оборудование и методика расчета и конструирования его основных элементов.

Целью курсового проекта являлся кран на колонне грузоподъемностью 0,5т.

В ходе выполнения проекта был выполнен обзор существующих конструкций подъемно-транспортных машин, подробно рассмотрены конструкции кранов на колонне и запатентованные методы их модернизации приведено описание спроектированной конструкции крана.

Рассчитаны основные элементы грузоподъемной машины, в том числе размеры, нагрузки, подобраны двигатель, редуктор, подшипники.

Проведены прочностные расчеты.

Построена 3D-модель крана.

Список использованных источников

1. Краны типа ЕДК. Устройство и эксплуатация.: учеб. Пособие для техн. Школ. – М.: УМК МПС России, - 2000.
2. Классификация грузоподъемных кранов по конструкции. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://snip1.ru/klassifikaciya-gruzopodyomnyx-kranov-po-konstrukcii/>. Дата обращения: 20.01.2020.
3. Пат. 2698274 Российская Федерация, МПК В66С 23/28. Опора крана / Дудко А.В. – опубл. 02.04.2018, Бюл. №24. -5с.:2ил.
4. Пат. 2361803 Российская Федерация, МПК В66С 23/20. Устройство башенного крана для демонтажа связей «башня-здание» / Марысаев Б.К. и др. – опубл. 20.07.2009, Бюл. №20. -12с.:1ил.
5. Пат. 2613203 Российская Федерация, МПК В66С 23/82. Механизм подъема стрелы манипулятора / Попиков П.И. и др. – опубл. 15.03.2017, Бюл. №8. -5с.:1ил.
6. Пат. 2471702 Российская Федерация, МПК В66С 23/42. Кран с преодолением мертвой точки / Штайндль Х. – опубл. 10.01.2013, Бюл. №1. -12с.:13ил.
7. Пат. 2434803 Российская Федерация, МПК В66С 23/00. Устройство для телескопирования 4-секционной стрелы автомобильного крана / Баринов О.С. – опубл. 27.11.2011, Бюл. №33. -10с.:9ил.
8. Пат. 2457936 Российская Федерация, МПК В25J 11/00. Манипулятор / Ющенко Л.М. – опубл. 10.08.2012, Бюл. №22. -14с.:18ил.
9. Пат. 2569341 Российская Федерация, МПК В60S 9/02. Опорная лапа для стабилизаторов / Трес А. – опубл. 20.11.2015, Бюл. №32. -8с.:4ил.
10. Л. П. Варламова, В. П. Тибанов. Детали машин. Соединения. — МГТУ им. Н. Э. Баумана 1999.
11. Детали машин. Атлас конструкций. — М., Машиностроение, 1979.
12. Каталог редукторов. Часть1. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://izh-reduktor.ru/upload/uf/172/catalog.pdf>
13. Дунаев П. Ф., Леликов О. П. Детали машин. Курсовое проектирование. — М.: Высшая школа, 1990.
14. Дунаев П. Ф., Леликов О. П. Конструирование узлов и деталей машин. — М.: Высшая школа, 1985.
15. Решетов Д. Н. Детали машин. — М.: Машиностроение, 1989.
16. Расчет на прочность деталей машин. Справочник. Биргер И.А., Иосилевич Г.Б. М., Машиностроение, 1993г, 639с.