

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа новых производственных технологий

Научно-образовательный центр Н.М.Кижнера

Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Профиль Машины и аппараты химических и нефтехимических производств

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка тарельчатого гранулятора с активатором для гранулирования дисперсных материалов

УДК 66.099.097.6.661.182

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4КМ61	Натаров Николай Владимирович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ Н.М. Кижнера	Тихонов Николай Викторович	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент Отделения социально- гуманитарных наук	Креницына З.В.	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор Отделения контроля и диагностики	Ахмеджанов Р. Р.	д.б.н.		

По разделу «Конструктивно-механический раздел»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ Н.М. Кижнера	Беляев В.М.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель НОЦ Н.М. Кижнера	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Краснокутская Е.А.	д.х.н., профессор		

Томск – 2018 г.

Запланированные результаты обучения по ООП 18.04.02 в 2018 г.

Код результата	Формулировка цели
P1	способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу
P2	готовность действовать в нестандартных ситуациях, нести социальную и этическую ответственность за принятые решения
P3	готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
P4	готовность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности
P5	готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
P6	способность к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов в соответствии с направлением и профилем подготовки
P7	готовность к использованию методов математического моделирования материалов и технологических процессов, к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез
P8	готовность к защите объектов интеллектуальной собственности и коммерциализации прав на объекты интеллектуальной собственности
P9	способность формулировать научно-исследовательские задачи в области реализации энерго- и ресурсосбережения и решать их
P10	способность организовать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу
P11	готовность к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи
P12	способность использовать современные методики и методы, в проведении экспериментов и испытаний, анализировать их результаты и осуществлять их корректную интерпретацию;
P13	способность составлять научно-технические отчеты и готовить публикации по результатам выполненных исследований
P14	готовность разрабатывать математические модели и осуществлять их экспериментальную проверку
P15	готовность к разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению, выбору оборудования и технологической оснастки
P16	готовность к разработке технических заданий на проектирование и изготовление нестандартного оборудования
P17	способность к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго-и ресурсосбережения, к оценке экономической

Код результата	Формулировка цели
	эффективности технологических процессов, их экологической безопасности
P18	способность оценивать инновационный и технологический риски при внедрении новых технологий
P19	способность разрабатывать мероприятия по комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов
P20	способность создавать технологии утилизации отходов и системы обеспечения экологической безопасности производства
P21	способность оценивать экономические и экологические последствия принимаемых организационно-управленческих решений
P22	готовность к организации работы коллектива исполнителей, принятию решений и определению приоритетности выполняемых работ
P23	способность находить оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, надежности, стоимости и экологической безопасности производств
P24	способность использовать современные системы управления качеством в конкретных условиях производства на основе международных стандартов
P25	готовность разрабатывать информационные системы планирования и управления предприятием
P26	способность к проектной деятельности в профессиональной сфере на основе системного подхода и использования моделей для описания и прогнозирования ситуаций, осуществления качественного и количественного анализа процессов в целом и отдельных технологических стадий
P27	способность формулировать задания на разработку проектных решений
P28	готовность к проведению патентных исследований с целью обеспечения патентной чистоты новых проектных решений и определения показателей технического уровня проекта
P29	способность проводить технические и технологические расчеты по проектам, технико-экономической, функционально-стоимостной и эколого-экономической эффективности проекта
P30	готовность к оценке инновационного потенциала проекта
P31	способность использовать пакеты прикладных программ при выполнении проектных работ
P32	способность разрабатывать методические и нормативные документы, техническую документацию, а также предложения и мероприятия по реализации разработанных проектов и программ
P33	готовность к разработке учебно-методической документации для обеспечения учебного процесса
P34	готовность к постановке новых лабораторных работ и проведению практических занятий

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа

Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки (специальность)

Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Отделение школы (НОЦ)

НОЦ им. Н.М.Кижнера

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4КМ61	Натарову Николаю Владимировичу

Тема работы:

Разработка тарельчатого гранулятора с активатором для гранулирования дисперсных материалов

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования: тарельчатый гранулятор с активатором. Режим работы: периодический. Область применения: пищевая промышленность. Требования к изделию: работа с мелкодисперсными материалами и жидкостями без образования крупных агломератов и областей слипания материала. Вид сырья: мелкодисперсный крахмал. Экономический анализ: Расчет общих затрат на проектирование отдельных узлов, их приобретение и установку.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и	<i>Рассмотреть конструкционные особенности действующего гранулятора-смесителя, определить узлы и детали, нуждающиеся в замене или модернизации. На</i>

разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	<i>основании анализа патентов, отечественной и зарубежной литературы установить параметры перемешивающего устройства-активатора для работы с пищевыми материалами, произвести расчет, определить место и способ размещения.</i>
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Креницына Зоя Васильевна, к.т.н., доцент
Социальная ответственность	Ахмеджанов Рафик Равильевич, д.б.н., профессор
Конструктивно-механический раздел	Беляев Василий Михайлович, к.т.н., доцент
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Реферат, литературный обзор	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ Н.М. Кижнера	Тихонов Николай Викторович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4КМ61	Натаров Николай Владимирович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа магистра (диссертация) «Разработка тарельчатого гранулятора с активатором для гранулирования дисперсных материалов» 105 с., 17 рис., 3 табл., 27 источника, 1 прил.

Ключевые слова: тарельчатый гранулятор, гранулирование, мелкодисперсные частицы, вал, подшипниковый узел, активатор, тарель, муфта, опоры. Объектом исследования является тарельчатый гранулятор с активатором.

Цель работы – рассчитать тарельчатый гранулятор, заменить отдельные узлы, тем самым увеличив срок его службы, подобрать активатор, чтобы исключить крупные комки. В процессе исследования проводились расчеты отдельных узлов тарельчатого гранулятора, а также демонтаж аппаратом с последующим его монтажом. В результате исследования были рассчитаны и подобраны следующие узлы: подшипниковый узел, вал и муфта, активатор, после чего аппарат был собран.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: тарель диаметром 500 мм, толщина стенки тарели 5мм, активатор, подшипниковый узел 80306, муфта упругая оригинальная, редуктор червячный, двигатель 250 Вт, опоры.

Степень внедрения: для грануляции мелкодисперсных частиц.

Область применения: пищевая промышленность.

Экономическая эффективность/значимость работы: экономия средств на приобретение нового тарельчатого гранулятора.

В будущем планируется оптимизировать работу гранулятора, добавив шестерню для изменения угла наклона тарели.

ABSTRACT

Graduation qualification work of the master (the thesis) "Development of a pellet granulator with an activator for the granulation of disperse materials" 105 p., 17 pic., 3 tablets, 27 sources, 1 app.

Key words: disk granulator, granulation, fine particles, shaft, bearing assembly, activator, plate, coupling, supports. The object of the study is a disk granulator with an activator.

The purpose of the work is to calculate the pellet granulator, replace the individual knots, thereby increasing its service life, pick up the activator to exclude large clumps. In the course of the study, calculations were made of individual units of the pellet granulator, as well as the dismantling of the apparatus and its subsequent installation. As a result of the study, the following nodes were calculated and selected: bearing assembly, shaft and coupling, activator, after which the apparatus was assembled.

The main design, technological and technical and operational characteristics: a 500 mm diameter barrel, a 5 mm thick plate wall, an activator, an 80306 bearing unit, an original original clutch, a worm gear reducer, a 250 W motor, and supports.

Degree of introduction: for granulation of fine particles.

Field of application: food industry.

Economic efficiency / significance of the work: saving money for the purchase of a new pellet granulator.

In the future, it is planned to optimize the granulator operation by adding a gear to change the angle of inclination of the pellet.

Содержание

1	Литературный обзор	11
2	Объекты и методы исследования	20
3	Расчетная часть	21
3.1	Поверочный расчет тарели	21
3.2	Расчет редуктора	24
3.3	Поверочный расчет двигателя.....	29
3.4	Расчет вала на жесткость и прочность.....	33
3.5	Расчет подшипника качения однорядного радиально-упорного. Расчет муфты.....	45
3.6	Расчет муфты.....	51
3.7	Расчет опор	53
4	Расчет перемешивающего устройства	56
5	Проверочный расчет активатора	59
5.1	По расчетным данным активатора, выбираем двигатель	62
6	Результаты проведенного исследования.....	65
7	Расчет экономической эффективности модернизации тарельчатого гранулятора.....	67
8	Техника безопасности и противопожарная техника, охрана окружающей среды и экология	76
8.1	Производственная безопасность	76
8.1.1	Выявление вредных факторов в научно-исследовательской лаборатории при разработке и эксплуатации научного исследования	77
8.1.2	Освещенность	78
8.1.3	Шумы и вибрации	81
8.1.4	Микроклиматические условия	82
8.1.5	Вентиляция.....	84
8.2	Выявление опасных факторов при разработке и эксплуатации научного исследования	84
8.2.1	Электробезопасность	84
8.2.2	Молниезащита зданий и сооружений	87
8.3	Экологическая безопасность	87

8.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	88
8.4.1	Пожарная и взрывная опасность.....	88
8.4.2	Безопасность при чрезвычайных ситуациях	89
8.5	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	90
	Список используемой литературы	93
	ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	96

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе применимы следующие термины с соответствующими определениями:

Гранулятор: устройство для грануляции (окомкования, пеллетизации, озернения, окускования) тонкоизмельченных материалов, способствующее увеличению производительности агломерационных машин, или производства сырых окатышей.

Гранулирование: процесс переработки материала (древесина, металлы, пластмасса, корма и др.) в куски геометрически правильной, единообразной формы и одинаковой массы гранулы (пеллеты).

Агломерат: совокупность частиц, прочно удерживаемых между собой.

Ретур: мелкая фракция после отсева, материал после дробления крупной фракции.

1 Литературный обзор

С целью удобной транспортировки, а также для дозировки и сортировки мелкодисперсных порошкообразных материалов и больших кусков материала наиболее часто используют гранулирование. Это когда из порошкообразных веществ формируют гранулы необходимых размеров, которые имеют способность сохранять свою форму, либо крупные куски дробят на более мелкие, необходимых размеров. Этот процесс для порошкообразных веществ может быть выполнен двумя способами. В первом способе молекулы порошкообразного материала образуют гранулы без добавления катализатора. Во втором же способе порошкообразные материалы образуют гранулы за счет сил, которые связывают молекулы данного материала. Силы появляются за счет наличия связующей добавки в процессе гранулирования, самым простым и наиболее часто применяемым является вода [1].

Стоит отметить, процессы гранулирования очень разнообразны и по способам исполнения, и по аппаратному совершению.

Возьмём к примеру агломерирование порошкообразных, оно осуществляется следующими способами:

- Прессованием, с дальнейшим дроблением спрессованного сырья.
- Постепенным и равномерным увлажнением сырья с сопутствующим окатыванием полученных агломератов в аммонизаторах-грануляторах (АГ), барабанных и тарельчатых грануляторах, шнекового и лопастного видах смесителей.
- Распылением раствора или пульпы на наружность твердых порошкообразных веществ с дальнейшей кристаллизацией в барабанном грануляторе сушилке (БГС), аммонизаторе-грануляторе с внутренним ретуром и кипящим слоем.

- Переработкой обогретых увлажненных смесей порошкообразных веществ с легкоплавким компонентом, с помощью экструдера и через матрицу с дальнейшей дегридатацией и охлаждением гранул. [2].

Не так уж редко встречается такой метод гранулирования, как отверждение капель расплава в ходе его кристаллизации, однако этот метод гранулирования проводят разбрызгиванием расплава капель нужного и начально заданного размера в полых грануляционных башнях с их дальнейшим охлаждением воздухом, а так же путём разбрызгивания этих капель над поверхностью жидкости с дальнейшим непрерывным охлаждением в слое данной жидкости [2].

Намного проще приходится с гранулирование твёрдых, крупных материалов. Эти материалы просто на просто измельчаются до необходимого заданного размера в дезинтеграторах или же в валковых, мотовалковых дробилках.

Мы более подробно будем рассматривать гранулирование порошкообразных материалов с использованием связывающих агентов и выделим перспективы развития этой отрасли в нашей работе.

При данном способе гранулирования ряд аппаратурного оформления достаточно велик, например, для гранулирования наиболее простых, а также и наиболее сложных порошкообразных материалов очень часто применим дисковой или как его еще называют тарельчатый гранулятор.

Барабанный гранулятор используется для при большей производительности. Шнек-гранулятор применяется для минеральных удобрений. Существуют еще много примеры аппаратурного оформления, также есть много других аппаратов для гранулирования, которые, маже, применяются для определенных видов материалов и для определенных задач. Кроме этого стоит учесть, что все аппараты имеют и плюсы, но также имеют и свои минусы. Иными словами, как это уже было сказано ранее, для достижения определенных форм гранул, для нужды получения определенных

качеств гранул и так далее, стоит подбирать гранулятор по их необходимым характеристикам.

Дальше более подробнее ознакомимся с тарельчатым гранулятором которые рассчитаны, чтобы получать гранулы из мелкодисперсных материалов, способом окатывания с использованием жидкого связующего.

Гранулятор состоит из корпуса, к которому закреплена поворотная рама. На этой поворотной раме помещена круглая тарель с двигателем, поворот рамы выполняет от другого двигателя. У грануляторов также есть устройство для подачи связующего агента и отвод конечного продукта – гранул [1].

В данных условиях гранулятор лабораторный, поэтому нету смысла делать подвод сырья, как и закрывать тарель от пыли. Всё это осуществляется непосредственно нами, так как не требуют больших усилий, не занимает много времени и не требует большого опыта. Также и производительность этого гранулятора невысокая, так как гранулятор предназначен для нашей лаборатории – гранулирование крахмала для дальнейшего исследования, что подразумевает малые объемы по продуктивности.

Огромный спрос к тарельчатым грануляторам вырос в наше время, потому что этот аппарат для гранулирования имеет много плюсов, если сравнивать его со своими собратьями. Главным преимуществом этого аппарата является то, что на выходе обеспечивается достаточная гомогенность гранул, вдобавок снижена подача ретура, вследствие сегрегации гранул по размерам на плоскости дна тарели. Вследствие чего, гранулы имеют высокую прочность, а по форме они схожи с сферическими, что тоже важно для нас [3, с.142].

Еще одно важное преимущество тарельчатого гранулятора это удобство наблюдать за ним, легко управлять процессом гранулирования и при каких-либо отклонениях от режима немедленно их устранять, что тоже не мало важно.

Ещё выделяют и многие другие положительные моменты дискового гранулятора, например, сравнительно низкая цена, прост и надёжен при эксплуатации, можно совмещать процессы гранулирования и сепарации, плюс ко всему возможно гранулировать трудно и хорошо растворимые удобрения.

Также, как и любого иного оборудования, у тарельчатого гранулятора имеется ряд своих недостатков:

- Высокая чувствительность на содержание жидкого агента в гранулируемой смеси, в связи с чем, могут наблюдаться узкие пределы технологического процесса.
- Также имеются резкие колебания рабочего процесса и выход гранул заданных размеров.
- Производительность гранулятора напрямую зависит от диаметра тарели, но если увеличить диаметр, конструкция аппарата существенно усложнится [3,с.142].

Образование гранул на дисковом грануляторе наступают тогда, когда вместе с подачей первичного сырья добавляют связывающий агент для того, чтобы увлажнить сухой материал. Беспрерывно этому процессу происходит обкатка уже смоченного материала по дну тарели аппарата. При взаимодействии с силами трения, сил тяжести и центробежных сил, осуществляется плотное облевание сырья к дну и бортам тарели, что, разумеется, предотвращает скольжения материала [3,с.143]. По этой причине, получившиеся агломераты находятся немного повыше мелкодисперсных веществ, по которым скатываются вниз под углом естественного наклона.

Надо подчеркнуть, что в режиме постоянного движения гранул, они потихоньку начинают уплотняться путём накатывания по мелкодисперсному материалу. Отсюда следует, что на производительность гранулятора напрямую влияет от длина траектории движения гранул по этому же мелкодисперсному веществу в чаше гранулятора. Говоря иными словами размер траектории пропорционален диаметру тарели гранулятора. Следует

помнить, что существенно увеличивать диаметр диска гранулятора мы не можем, так как это ведёт к расширению гранулятора по габаритам, что сильно усложняет механизм всего аппарата для гранулирования. По этой причине, увеличивать диаметр тарели не всегда будет рациональным решением подобных задач. Наиболее подходящим решением из данной ситуации - это увеличить полезную поверхность тарели. Меняя темп кручения диска и понижая угол её наклона к горизонтальной поверхности, можно достичь того, что гранулируемый материал поднимался на большую высоту, ежели ранее, поэтому охват площади, где материал соприкасается с дном тарели будет значительно больше, говоря иными словами, материал дополнительно покроет верхний сектор тарели.

Для того, чтобы увеличить используемую площадь тарели, существуют грануляторы, которые имеют несколько коаксиальных бортиков равных по высоте. Изначальное сырьё порошкообразного типа подаётся на поверхность зоны, ограниченную первым бортом, где и окатывается, потихоньку перекачиваясь в смежную зону. Таким образом материал пересыпается из одной кольцевой зоны в другую, там же окатываясь, гранулы обретают свою конечную форму и размеры [3, с.143].

Кроме угла наклона есть ещё ряд более существенных параметров, которым необходимо следовать при процессе гранулирования материала для достижения необходимых результатов гран состава смеси.

Ещё один из не менее важных причин, который влияет на процесс формирования гранул – это увлажнения гранулированного материала. На рисунке 1 указана зависимость средних диаметров гранул от подаваемой влаги [3,с.144].

В точке минимума на кривой $d_{cp}=f(W)$ показывается переход из одного способа формирования гранул— которое представляет собой равномерное окатывание гранул — к второму — образованию гранул агломерационным способом и накатыванием. Эта зависимость обрисовывает, что при одинаковых условиях гранулирования можно получить гранулы разных

структур, но одинаковых по форме и размеру при разных значениях влажности (W). Этим можно объяснить, что необходимо точно поддерживать влажность, чтобы получить гранулы одинакового диаметра.

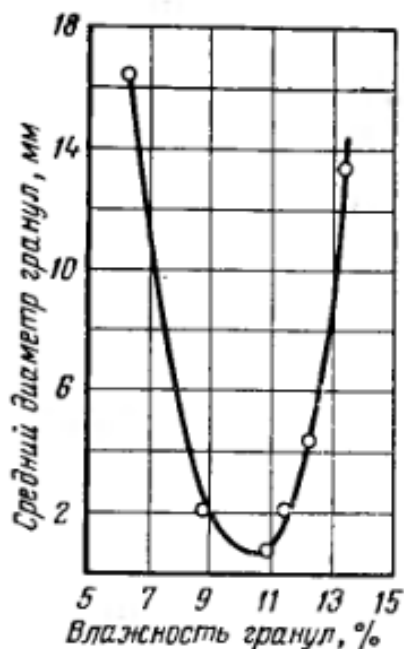


Рисунок 1 - Зависимость среднего диаметра полученных гранул от подаваемой влаги

Тем не менее, стоит отметить, что сам этап образования гранул более восприимчив к изменению подачи влаги на сырьё только в области выше минимальной точки, а в точке минимальной менее восприимчив к изменению подаваемой влаги. Влажность может колебаться в области 1%, тогда она не будет иметь значительных изменений структур и формы гранул. По этой причине, самый оптимальный режим гранулирования будет тот, при котором влага будет подаваться в соответствии точки минимума (рисунок 1).

Зависимость не изменяется и при изменении угла наклона тарельчатого гранулятора в области от 40 до 50°. Как влияет угол наклона тарельчатого гранулятора на нижний предел размера гранул при постоянных окружных скоростях движения тарели изображено на рисунке 2 [3,с.144]. Тут наблюдается следующее, что если увеличить угол наклона тарели, то точка минимума сместится, в результате это будет оптимальный режим

гранулирования для получения более мелких гранул. Если же угол наклона тарели сделать больше 45° , то смещение данной точки минимума влажности гранулята тоже будет уменьшаться.

Для того чтобы обеспечить стабильный процесс в режимах, не отвечающих точке минимума на кривой $d_{cp}=f(W)$, необходимо соблюдать очень высокую точность ($\pm 0,1\%$) добавки смачиваемого материала. Если будут выполняться эти условия, то угол наклона тарели будет влиять на размер гранул кривыми, показанные на рисунке 3. [3, с.145].

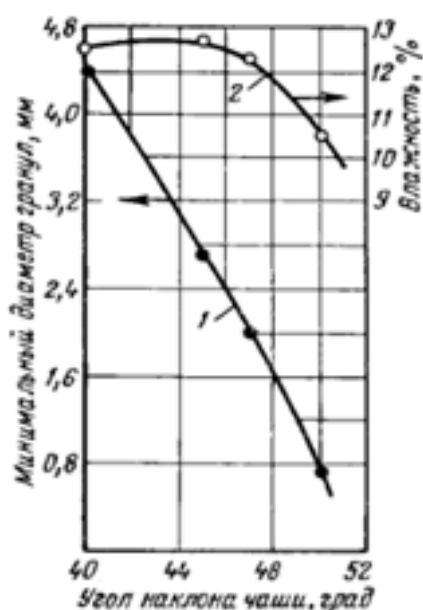


Рисунок 2 - Зависимость минимальных диаметров полученных гранул (кривая 1) и пропорциональному количеству влаги (кривая 2) от угла наклона тарели

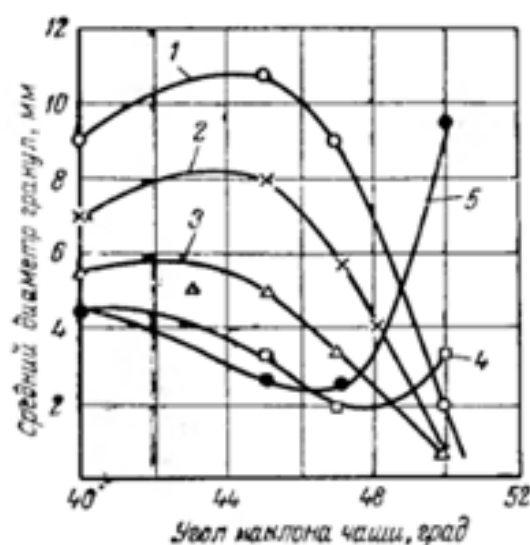


Рисунок 3 - Зависимость средних диаметров полученных гранул от угла наклона тарели при разных влажностях гранул: 1% – 9%, 2% – 10%, 3% – 11%, 4% – 12%, 5% – 13%.

Из-за высокой липучести пищевых масс на сепарирующий аппарат, материал будет налипать, в результате чего, сепарирующий аппарат не будет обеспечивать эффективное выделение гранул необходимого размера.

В итоге мы решили модернизировать наш гранулятор, добавив в него активатор. Сам же тарельчатый гранулятор с активатором, содержит раму, на которую установлена тарель с приводом, с помощью которого тарель имеет возможность вращаться, рама оснащена шарниром, который даёт

возможность тарели менять угол наклона и введен активатор с электроприводом, который закреплён на раме и также имеет возможность повторять угол наклона за тарелью. Активатор размещён перпендикулярно днища тарели с отступом касательно днища и бортика тарели 5-10 миллиметров. Активатор расположен в нижнем правом углу тарели, потому что там скопляются самые большие гранулы и слипшиеся гранул. Ударный эффект гребками активатора, во-первых, разрушает крупные куски материала, а во-вторых, помогает активировать образование гранул в данном материале. Также привод активатора регулируется по частоте вращения и также регулируется по углу наклона терпели гранулятора, это и даёт ему возможность активно воздействовать на процесс гранулирования, в том числе и на форму и размер производимого гранулята.

Однако можно наблюдать, что нарушается режим переката сырья и соответственно связанный с ним процесс сегрегации гранул, что в свою очередь не обеспечит эффективного получения гранул заданного размера, формы, плотности, влажности.

Основная цель этого изобретения - это создать тарельчатый гранулятор, который мы модернизировали конструктивным элементом – активатором, который сокращает время гранулирования повышается эффективность гранулирования и выход гранул 0,75-10 миллиметров, которые одинаковые по качеству. .

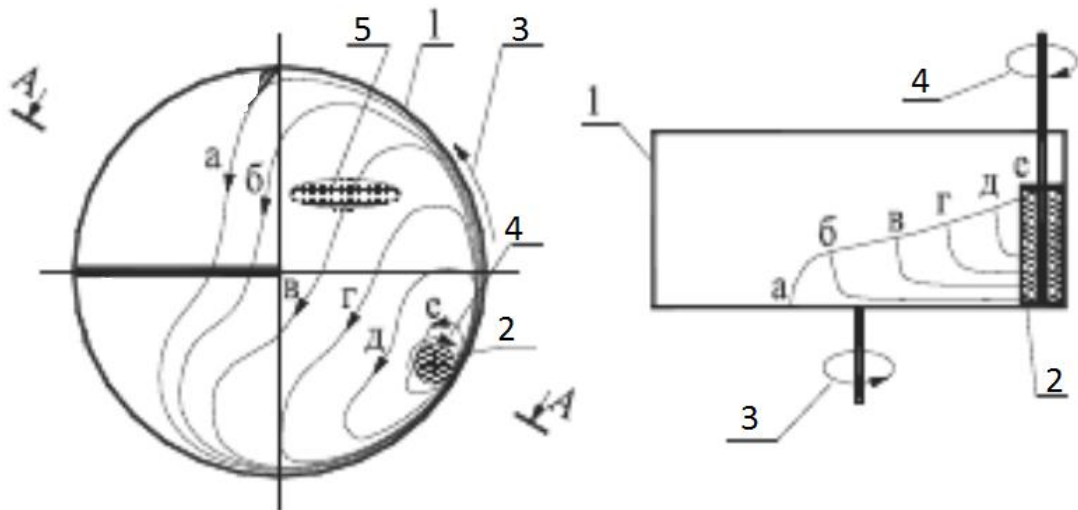


Рисунок 4 - Схема дискового гранулятора с активатором:

1 – тарель; 2 – месторасположение активатора; 3 – направление вращения тарели; 4 – направление вращения активатора гранул по мере их роста; 5 – место подачи жидкого агента; а – траектория (условное) движения пищевого сырья; б, в, г, д – траектория движения гранул по мере их роста; е – место расположения самых больших частиц материала.

Полученные знания при работе и результатах исследования процесса гранулирования (некоторые из них мы рассмотрели выше) в грануляторах с тарелями разных диаметров показывают, что для того чтобы добиться оптимального образования гранул, необходимо соблюдать режим: увлажнять, выбирать влажность гранулируемого сырья (которая в свою очередь зависит от свойств гранулируемой среды, размеров и других причин), вдобавок учитывается присутствие сырья на чаше и характера работы гранулятора. [3,с.148].

2 Объекты и методы исследования

В процессе диссертационной работы нам нужно реконструировать и модернизировать лабораторный тарельчатый гранулятор, который имеется на кафедре общей химии и химической технологии. Сам гранулятор находится в корпусе №2 политехнического университета, там же с помощью подручных приспособлений выполнить демонтаж аппарата и определить: узлы, которые изношены, утратили свою работоспособность и нуждаются в замене, а после того, как мы заеним необходимые узлы, надо будет проверить остальные на критерий надёжности. Вдобавок, надо будет рассчитать активатор и придумать, как его поднести к тарели, чтобы он ко всему прочему мог еще и повторять угол наклона за тарелью.

Для быстрого, но в то же время качественного выполнения работы, в лаборатории университета предоставлены все необходимые инструменты и приборы измерения, а для удобства и быстроты в расчетах нам поможет программа MathCad.

Далее, когда все узлы нашего аппарата будут рассчитаны и спроектированы, когда придумаем на чем закрепить активатор, необходимо будет сделать рабочие эскизы и заказать детали, либо по рабочим характеристикам подобрать на кафедре.

К тому времени, как все детали будут изготовлены, надо будет собрать гранулятора и проверить его в работе, после этого можно уже будет и оценивать результат своей работы.

При завершении будут представлены все необходимые чертежи гранулятора.

3 Расчетная часть

3.1 Поверочный расчет тарели

Один из главных деталей дискового гранулятора – это тарель, на ней мы и гранулируем наш материал. На нашем старом грануляторе есть тарель, но её надо проверить на прочностные и прогибающие нагрузки.

Будем определять максимальные возможные нагрузки на чашу, которая находится под углом 45° к вертикальной оси (рисунок 5).

Поскольку гранулятор, который мы будем рассчитывать используется только при гранулировании крахмала, то и плотность гранулируемой среды можно взять равной плотностей воды, потому что крахмал обладает приблизительно такой же плотностью, как и вода.

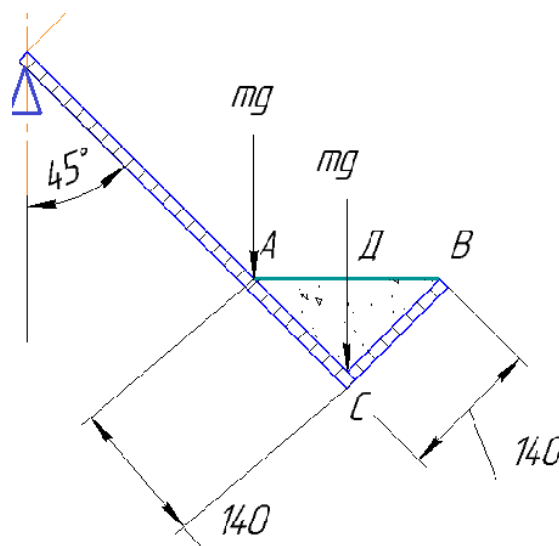


Рисунок 5 - Схема нагрузки чаши

Исходные данные:

$h := 0.14$ м, высота тарели

$D := 0.5$ м, диаметр тарели

$s := 0.005$ м, толщина стенки тарели

$\rho := 1000$ кг/м³, плотность воды

Вычисляем максимальную возможную массу материалов, которые помещаем в тарель

$$m := \pi \cdot \frac{D^2}{4 \cdot 4} \cdot h \cdot \rho = 6.872 \text{ кг} \quad (1)$$



Рисунок 6 - Заполненная область тарели

Поверхность тарели:

$\alpha := 128 \text{ deg} = 2.234$ рад, центральный промежуток на тарели по заполняемой поверхности (рис.6).

$$S := \left(\frac{D}{2} \right)^2 \cdot \frac{(\alpha - \sin(\alpha))}{2} = 0.045 \text{ м}^2 \quad (2)$$

Определяем силу, поступающую на тарель:

$$g := 9.82 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \quad (3)$$

ускорение свободного падения

$$F := m \cdot g = 67.485 \text{ Н} \quad (4)$$

Вычисляем действие нагрузок на тарель:

$$q := \frac{F}{S} = 1.493 \times 10^3 \frac{\text{í}}{\text{í}^2} \quad (5)$$

$\mu := 0.3$ -коэффициент Пуассона для стали [19,с.240].

Определяем момент в точке «А»(рис.5) [20, с.71]:

$$M_r := \frac{q \cdot \frac{D^2}{4}}{16} \cdot (1 + \mu) = 7.584 \text{ Н} \quad (6)$$

Жесткость пластинки будет равной [20,с.16,]:

$E := 1.99 \cdot 10^{11}$ Па, модуль продольной упругости для стали [21, с.24].

$$G := \frac{E \cdot s^3}{12(1 - \mu^2)} = 2.278 \times 10^3 \frac{\text{í} \cdot \text{í}^3}{\text{í}^3} \quad (7)$$

Вычисляем максимальный прогиб чаши [20,с.71]:

$$\omega_{\max} := \frac{q \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^4}{64 \cdot G} = 4.002 \times 10^{-5} \text{ í} \quad (8)$$

Вывод: При максимальном прогибе на тарель гранулятора будет незначительным, это никак не скажется на стабильную работу гранулятора.

Определяем максимальное напряжение на тарель, которое действует по его контуру [20,с.71]:

$$\sigma_{\max} := \frac{3 \cdot q \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2}{4 \cdot s^2} = 2.8 \times 10^6 \text{ ä} \quad (9)$$

Допускаемое напряжение для стали [21, с.9]:

$$\sigma_{\ddot{a}} := 154 \cdot 10^6 \text{ ä}$$

Условие прочности:

$$U_{sl_i\ddot{o}i\ddot{d}i\ddot{d}i} := \begin{cases} \text{"Óñëíâèà i\ddot{o}i\ddot{d}i\ddot{d}i\ddot{n}è àûïïëíÿàòñÿ"} & \text{if } \sigma_{\max} \leq \sigma_{\ddot{a}} \\ \text{"Óñëíâèà i\ddot{o}i\ddot{d}i\ddot{d}i\ddot{n}è ÍÀ àûïïëíÿàòñÿ"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$U_{sl_i\ddot{o}i\ddot{d}i\ddot{d}i} = \text{"Óñëíâèà i\ddot{o}i\ddot{d}i\ddot{d}i\ddot{n}è àûïïëíÿàòñÿ"}$$

Вывод: Пра заданной нагрузке условие прочности будет выполняться. Напряжение, которое действует на тарель менее допустимого в 50 раз, это в полной мере будет удовлетворять нормальную работу гранулятора.

Проверяем срез сварного шва [22, с.5]:

$$U_{sl_i\ddot{o}i\ddot{d}i\ddot{d}i} := \begin{cases} \text{"Óñëíâèà i\ddot{o}i\ddot{d}i\ddot{d}i\ddot{n}è à ñðàç àûïïëíÿàòñÿ"} & \text{if } \sigma_{\max} \leq 0.6\sigma_{\ddot{a}} \\ \text{"Óñëíâèà i\ddot{o}i\ddot{d}i\ddot{d}i\ddot{n}è à ñðàç ÍÀ àûïïëíÿàòñÿ"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$U_{sl_i\ddot{o}i\ddot{d}i\ddot{d}i} = \text{"Óñëíâèà i\ddot{o}i\ddot{d}i\ddot{d}i\ddot{n}è à ñðàç àûïïëíÿàòñÿ"}$$

Вывод: По результатам проверки мы также выяснили, что сварной шов тоже будет выдерживать нагрузки, которая возникает при работе гранулятора, поэтому тарель мы не будем изменять или реконструировать.

3.2 Расчет редуктора

Исходные данные:

$u := 40$ передаточное число

$a_w := 100$ мм, межосевое расстояние.

$T := 1 \text{ í} \cdot \text{í}$, вращающий момент на червяке

Предварительные значения [4, с.33].

$z_1 := 1$ - количество витков на червяке, потому что «u» больше 30 [4, с.33].

$$z_2 := u \cdot z_1 = 40 \text{ - количество зубьев на колесе} \quad (10)$$

$$m := \frac{1.6 \cdot a_w}{z_2} = 4 \text{ мм, модуль передачи [4, с.34].} \quad (11)$$

$$q := \frac{2a_w}{m} - z_2 = 10 \text{ - коэффициент диаметра червяка} \quad (12)$$

Минимальное допустимое значение q по условию жесткости червяка:

$$q_{\min} := 0.212z_2 = 8.48 \quad (13)$$

Принимаю $q := 10$

Коэффициент смещения:

$$\frac{a_w}{m} = 25 \quad (14)$$

$$0.5 \cdot (z_2 + q) = 25 \quad (15)$$

$$x := \frac{a_w}{m} - 0.5 \cdot (z_2 + q) = 0 \quad (16)$$

Угол подъема линии витка червяка:

- делительного цилиндра

$$y := \frac{1}{\tan\left(\frac{z_1}{q}\right)} = 9.967 \text{ град.} \quad (17)$$

- начального цилиндра

$$y_w := \frac{1}{\tan\left(\frac{z_1}{q + 2x}\right)} = 9.967 \quad (18)$$

Частота вращения червяка:

$$w_1 := 16\epsilon \frac{\delta \ddot{a} \ddot{a}}{\ddot{n}} \quad (19)$$

Действительное передаточное число:

$$u_{\delta} := \frac{z_2}{z_1} = 40 \quad (20)$$

Угловая скорость на валу червяка

$$n_1 := \frac{w_1 \cdot 30}{\pi} = 1.604 \times 10^3 \frac{\hat{a}}{\hat{e} \hat{i}} \quad (21)$$

Определим скорость скольжения в зацеплении [4, с.35]:

$$V_{ск} := \frac{\pi \cdot n_1 \cdot m \cdot (q + 2x)}{60000 \cos(y_w \cdot \text{deg})} = 3.411 \frac{\hat{i}}{\hat{n}} \quad (22)$$

Из полученного значения скорость скольжения в зацеплении, находим допустимое напряжение [4, с.34]:

$$\sigma_{\text{Ä}} := 175 - 35 \cdot V_{\text{ck}} = 55.598 \text{ ìà} \quad (23)$$

Вычисляем расчетное значение напряжения:

$Z_q := 535$ (подходит к эвольвентным, архимедовым и конволютным червякам)

Определяем коэффициент нагрузок:

Определим окружную скорость червячного колеса, М/с:

$$w_2 := 4.2 \frac{\delta \text{à} \ddot{ä}}{\ddot{n}} \quad (24)$$

Находим угловую скорость на валу шестерни редуктора.

$$n_2 := \frac{w_2 \cdot 30}{\pi} = 40.107 \frac{\text{ìá}}{\text{ìèí}} \quad (25)$$

$d_2 := z_2 \cdot m = 160$ мм, делительный диаметр колеса.

$$V_2 := \frac{\pi \cdot n_2 \cdot d_2}{60000} = 0.336 \frac{\text{ì}}{\ddot{n}} \quad (26)$$

$K_{Hv} := 1$ поскольку $V_2 < 3$ м/с [4, с.35].

Из таблицы 2.16 [4, с.35] определим значение коэффициента деформации червяка :

$$q = 10$$

$$z_1 = 1$$

$\theta := 10\text{È}$, коэффициент деформации червяка

Значение коэффициента X, который учитывает влияние процесса работы передачи на приработку зубьев червячного колеса и витков червяка,

для типовых режимов нагружения и в случаях, если не меняется при изменении нагрузок частота вращения вала червячного колеса, подбираем по таблице 5 [4,с.35]:

$$X := 0.5$$

В таком разе коэффициент концентрации нагрузки:

$$K_{H\beta} := 1 + \left(\frac{z_2}{\theta}\right)^3 \cdot (1 - X) = 1.025 \quad (27)$$

$$K := K_{Hv} \cdot K_{H\beta} = 1.025 \quad (28)$$

Вычисляем расчетное значение напряжения:

$$\sigma_f := \frac{Z_q \cdot (q + 2x)}{z_2} \cdot \sqrt{\left[\frac{z_2 + q + 2x}{a_w \cdot (q + 2x)}\right]^3} \cdot K \cdot T = 15.142 \text{ МПа} \quad (29)$$

Проверка условия прочности:

$$\sigma_{f, \text{allow}} := \begin{cases} \sigma_{f, \text{allow}} & \text{if } \sigma_f \leq \sigma_{f, \text{allow}} \\ \sigma_{f, \text{allow}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\sigma_{f, \text{allow}} = \sigma_{f, \text{allow}}$$

Вывод: По результатам поверочного расчета можно заключить то, что редуктор выдержит все необходимые нагрузки при работе с тарельчатым гранулятором.

3.3 Поверочный расчет двигателя

Рассчитывать будем по распространенной методике Леликова П.Ф. и Дунаева О.П. [4,с.5]

Исходные данные:

$u := 80$ - передаточное число привода;

$n_{\text{вых}} := 40 \frac{\text{об}}{\text{с}}$, частота вращения на выходном валу;

$i_1 := 40$ - передаточное отношение редуктора;

$i_2 := 2$ - передаточное отношение ременной передачи;

$\eta_1 := 0.95$ - КПД ременной передачи клиновым ремнем;

$P_{\text{дв}} := 0.25 \text{ кВт}$, мощность двигателя [5,с.5,табл.1,1].

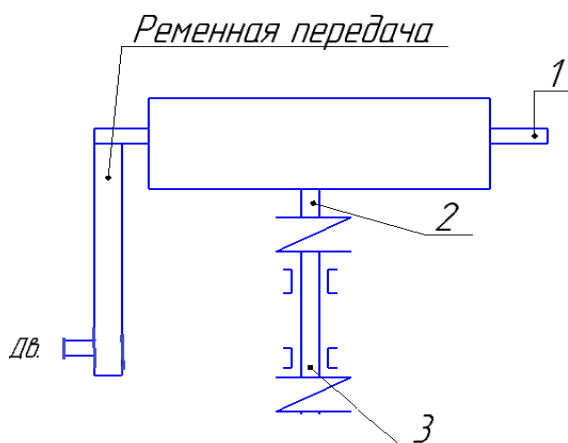


Рисунок 7 - Схема червячного редуктора

Число витков на червяке:

$$z = 1$$

$$\eta_2 := \begin{cases} 0.7 & \text{if } z < 2 \\ 0.8 & \text{if } 1 < z < 4 \\ 0.85 & \text{if } z > 2 \end{cases}$$

$\eta_4 := 0.95$ - КПД, учитывающий потери пары подшипников [4,с.6];

$\eta_3 := 0.98$ - КПД, учитывающий потери в муфте [4,с.6];

$\eta_2 = 0.7$ -кпд червячной передачи [4,с.6];

Определяем требуемое число оборотов на двигателе:

$$n_{\text{дв}} := n_{\text{ш}} \cdot u = 3.2 \times 10^3 \frac{\text{об}}{\text{мин}}. \quad (30)$$

По эксплуатационным свойствам двигателя:

$s := 0.05$ -скольжение, в долях

Синхронная частота вращения:

$$n_{\text{синх}} := \frac{n_{\text{дв}}}{1 - s} = 3.516 \times 10^3 \frac{\text{об}}{\text{мин}}. \quad (31)$$

Максимальная допустимая частота вращения двигателя с мощностью 0,25 кВт составляет 3000 об/мин, это менее необходимой частоты вращения.

Определяем мощность на валах привода:

$$P_1 := P_{\text{дв}} \cdot \eta_1 = 0.238 \text{ Вт}; \quad (32)$$

$$P_2 := P_1 \cdot \eta_2 = 0.166 \text{ Вт}; \quad (33)$$

$$P_3 := P_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4^2 = 0.16 \text{ Вт}; \quad (34)$$

Определяем главную скорость по выходном валу:

$$\omega_{\text{ш}} := n_{\text{ш}} \cdot \frac{\pi}{30} = 4.189 \frac{\text{рад}}{\text{с}}. \quad (35)$$

Определяем главную скорость на валу двигателя:

$$\omega_{\text{ш}} := u_{\text{ш}} \cdot \omega_{\text{дв}} = 335.103 \frac{\text{об}}{\text{мин}}. \quad (36)$$

Определяем угловую скорость на валу червяка:

$$\omega_1 := \frac{\omega_{\text{ш}}}{i_2} = 167.552 \frac{\text{об}}{\text{мин}} \quad (37)$$

Определяем угловую скорость на валу шестерни редуктора:

$$\omega_2 := \frac{\omega_1}{i_1} = 4.189 \frac{\text{об}}{\text{мин}} \quad (38)$$

Определяем вращающий момент на каждом валу привода:

Вращающий момент на 3 валу:

$$T_3 := \frac{P_3 \cdot 10^3}{\omega_2} = 38.121 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (39)$$

Вращающий момент на 2 валу:

$$T_2 := \frac{P_2 \cdot 10^3}{\omega_1} = 0.992 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (40)$$

Вращающий момент на валу двигателя:

$$T_1 := \frac{P_1 \cdot 10^3}{\omega} = 0.709 \text{ Н} \cdot \text{с} \quad (41)$$

Единый КПД привода:

$$\eta := \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3^2 \cdot \eta_4 = 0.632 \quad (42)$$

Определяем требуемую эквивалентную мощность:

$$P_{\text{экв}} := T_3 \cdot \omega \cdot 10^{-3} = 0.16 \text{ кВт} \quad (43)$$

Определяем требуемую мощность электродвигателя:

$$P_{\text{дв}} := \frac{P_{\text{экв}}}{\eta} = 0.253 \text{ кВт} \quad (44)$$

$$D_{\text{дв}} := \begin{cases} "D_{\text{дв}} \geq 0.253 \text{ кВт}" & \text{if } P_{\text{дв}} < D_{\text{дв}} \\ "D_{\text{дв}} < 0.253 \text{ кВт}" & \text{if } P_{\text{дв}} > D_{\text{дв}} \end{cases}$$

$$D_{\text{дв}} = "D_{\text{дв}} \geq 0.253 \text{ кВт}"$$

Вывод: По результатам расчета мы выяснили, что мощности двигателя недостаточно лишь на 3 Вт, это допустимо, потому что мощность рассчитывается на полную нагрузку тарели. Поскольку гранулятор мы применяем только для исследований, то нагружать тарель по полной мы не будем. Гранулятор мы нагружаем на половину или даже меньше.

3.4 Расчет вала на жесткость и прочность

Превоначальные данные.

Длина консоли, м:

$$L_1 := 0.04$$

Длина вала, м:

$$L_2 := 0.18$$

Длина пролёта, м:

$$L := 0.14$$

Координата центра массы детали, м:

на консоли:

$$l_1 := 0.04$$

Координаты опасных по прочности и жесткости сечений, м:

по жесткости:

$$z_{11} := 0.06$$

по прочности:

$$z_1 := 0.04$$

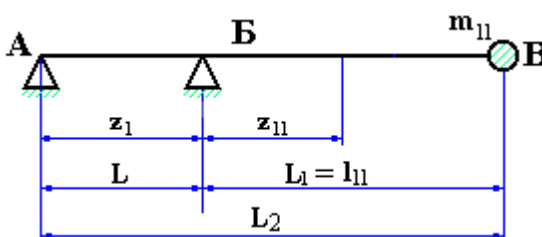


Рисунок 8 - Расчетная схема

Концентратор напряжений в опасном по прочности сечении:

посадка подшипника с натягом

Вал изготовлен из материала: Сталь 45 [6].

Тарель:

$$n_i := 1$$

Частота вращения вала, об/мин.:

$$n := 40$$

Мощность перемешиваний, Вт:

$$N := 160$$

Масса тарели, кг:

на консоли:

$$m_{11} := 23.5$$

Относительная длина консоли:

$$L_{-1} := \frac{L_1}{L_2} = 0.222 \quad (45)$$

Относительная координата центра масс детали:

на консоли:

$$l_{-11} := \frac{l_{11}}{L_1} = 1 \quad (46)$$

Угловая скорость вала, рад/с:

$$\omega := \frac{\pi \cdot n}{30} = 4.189 \quad (47)$$

Без размерный динамический прогиб вала в центре массы детали:

$$Y_{-l_{11}} := (1 - L_{-1}) \cdot l_{-11} + \frac{3}{2} \cdot L_{-1} \cdot (l_{-11})^2 - \frac{1}{2} \cdot L_{-1} \cdot (l_{-11})^3 \quad (48)$$

$$Y_{-l_{11}} = 1$$

Обусловленная масса детали, кг:

$$m_{i\check{d}1} := m_{11} \cdot (Y_{l1})^2 = 23.5 \quad (49)$$

Итоговая приведенная масса детали, кг:

$$n_{1\check{a}} := 1$$

$$m_{i\check{d}} := \sum_{i=1}^{n_{1\check{a}}} m_{i\check{d}1} = 23.5 \quad (50)$$

где $n_{1\check{d}}$ - количество детали на консоли.

Без размерный коэффициент:

$$\rho_{\hat{a}} := 7.85 \cdot 10^3$$

$\rho_{\text{в}}$ - плотность материала, кг/м³ [7];

E - модуль продольной упругости материала вала [8,с.21], Па

$$E := 2 \cdot 10^{11}$$

$$f := \frac{16 \cdot \rho_{\hat{a}} \cdot \omega^2 \cdot L_1 \cdot L_2}{3 \cdot E} \quad (51)$$

$$f = 2.645 \times 10^{-8}$$

Приведенная безразмерная масса вала:

$$m_{\hat{i}\check{d}} := \frac{8 \cdot (1 - L_1)^5 + 140 \cdot (1 - L_1)^2 \cdot L_1^3 + 231 \cdot (1 - L_1) \cdot L_1^4 + 99 \cdot L_1^5}{420 \cdot L_1^2}$$

$$m_{\hat{i}\check{d}} = 0.178 \quad (52)$$

Подкоренные одночлены:

$$A1 := m_{\text{ш}} \cdot f \cdot L1^2 = 7.545 \times 10^{-12} \text{ м}^2 \quad (53)$$

$$A2 := \frac{8 \cdot m_{\text{ш}} \cdot f \cdot L1}{\pi \cdot \rho_{\text{ш}}} = 8.064 \times 10^{-12} \text{ м}^4 \quad (54)$$

Расчетный диаметр вала, м:

$$d_p := \sqrt{A1 + \sqrt{A1^2 + A2}} \quad (55)$$

$$d_p = 1.685 \times 10^{-3}$$

Подобранный диаметр вала, м: $d \geq d_p$

$$d := 0.003$$

Линейная масса вала, кг:

$$m_{\text{ш}} := \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot \rho_{\text{ш}} \quad (56)$$

$$m_{\text{ш}} = 5.549$$

Совокупная суммарная масса деталей:

$$m_{\text{ш}} := \frac{m_{\text{ш}}}{m_{\text{ш}} \cdot L2} \quad (57)$$

$$m_{\text{ш}} = 23.528$$

Безразмерная критическая угловая скорость валов:

$$c1 := 8 \cdot (1 - L_1)^5 + 140 \cdot (1 - L_1)^2 \cdot L_1^3 + 231 \cdot (1 - L_1) \cdot L_1^4 + 99 \cdot L_1^5 = 3.698 \quad (58)$$

$$\omega_{-1} := \sqrt{\frac{1260}{c1 + 420 \cdot L_1^2 \cdot m_{\ddot{\delta}}}} = 1.601 \quad (59)$$

Первая критическая угловая скорость вала, рад/с:

$$\omega_1 := \frac{\omega_{-1} \cdot d}{4 \cdot L_2^2} \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho \cdot \hat{a}}} \quad (60)$$

$$\omega_1 = 1.87 \times 10^3$$

Расчет на жесткость.

Сплошной вал постоянного сечения рассчитываем по методу и порядку, приведенные в таблице 28-30 [9, с.200].

Эксцентриситет массы детали, м:

$$e := \frac{10^{-3}}{\sqrt{\omega}} = 4.886 \times 10^{-4} \quad (61)$$

Координаты, где могут быть опасные сечения по жесткости:

Координаты опасных по жесткости сечений:

z_{11} и l_{11} . Т.е. 2 точки.

$$z_{-11} := \frac{z_{11}}{L_1} = 1.5 \quad (62)$$

$$z_{-12} := \frac{l_{11}}{L_1} = 1 \quad (63)$$

Безразмерный динамический прогиб вала в опасном по жесткости сечении:

$$Y_{z1_1} := (1 - L_{-1}) \cdot z_{-1_1} + \frac{3}{2} \cdot L_{-1} \cdot (z_{-1_1})^2 - \frac{1}{2} \cdot L_{-1} \cdot (z_{-1_1})^3 = 1.542 \quad (64)$$

$$Y_{z1_2} := (1 - L_{-1}) \cdot z_{-1_2} + \frac{3}{2} \cdot L_{-1} \cdot (z_{-1_2})^2 - \frac{1}{2} \cdot L_{-1} \cdot (z_{-1_2})^3 = 1 \quad (65)$$

Приведенный эксцентриситет массы детали, м:

$$e_{\delta 1_1} := \frac{e}{Y_{l1_1}} = 4.886 \times 10^{-4} \quad (66)$$

Приведенная масса вала, кг:

$$m_{\delta} := m_{\delta} \cdot L_2 = 0.178 \quad (67)$$

Смещение оси вала от оси вращения за счет зазора в опорах, в опасном по жесткости сечении, м:

$$\Delta A := 2.6 \cdot 10^{-5}$$

$$\Delta A := 1.2 \cdot 10^{-5}$$

где А и Б - высота радиальных зазоров в опорах, м [с.161, 10]:

$$\Delta z_{1_1} := \frac{(\Delta A + \Delta A) \cdot (z_{1_1} + L)}{L} - \Delta A = 2.829 \times 10^{-5} \quad (68)$$

Смещение оси вала от оси вращения за счет начальной изогнутости вала в опасном по жесткости сечении, м:

$$\frac{L}{d} = 4.667$$

$$\varepsilon_{\hat{a}} := 0.06 \cdot 10^{-3}$$

где ε_B - начальная изогнутость вала в точке приведения В, м [11, с.61]:

$$\varepsilon_{z1_1} := \varepsilon_{\hat{a}} \cdot Y_{z1_1} = 9.25 \times 10^{-5} \quad (69)$$

$$\varepsilon_{z1_2} := \varepsilon_{\hat{a}} \cdot Y_{z1_2} = 6 \times 10^{-5} \quad (70)$$

Смещение оси вала от оси вращения в точке приведения В за счет зазоров в опорах, м:

$$\Delta \hat{A} := (\Delta \hat{A} + \Delta \hat{A}) \cdot \frac{L_1}{L} + \Delta \hat{A} \quad (71)$$

$$\Delta \hat{A} = 2.286 \times 10^{-5}$$

Приведенный эксцентриситет деталей, м:

$$\hat{A}_1 := 0$$

$$\hat{A}_2 := \frac{\sum_{i=1}^{n_1} (m_{i\delta} \cdot e_{i\delta})}{m_{i\delta} + m_{\hat{a}i\delta}} = 4.849 \times 10^{-4} \text{ м} \quad (72)$$

Приведенный эксцентриситет массы вала с деталями, м:

$$e_{i\delta} := \hat{A}_1 + \hat{A}_2 + \Delta \hat{A} + \varepsilon_{\hat{a}} = 5.678 \times 10^{-4} \quad (73)$$

Динамический прогиб оси вала в точке приведения В, м

$$Y_{\hat{a}} := \frac{e\ddot{\delta}}{\left(\frac{\omega_1}{\omega}\right)^2 - 1} = 2.848 \times 10^{-9} \quad (75)$$

Смещение оси вала от оси вращения за счет динамического прогиба в опасном по жесткости сечении, м

$$Y_{z1_1} := Y_{\hat{a}} \cdot Y_{z1_1} = 4.39 \times 10^{-9} \quad (75)$$

$$Y_{z1_2} := Y_{\hat{a}} \cdot Y_{z1_2} = 2.848 \times 10^{-9} \quad (76)$$

Динамическое смещение вала в опасном по жесткости сечении, м:

$$Az1 := Y_{z1_1} + \Delta z1_1 + \varepsilon z1_1 = 1.208 \times 10^{-4} \quad (77)$$

$$Az2 := Y_{z1_2} + \Delta z1_1 + \varepsilon z1_2 = 8.829 \times 10^{-5} \quad (78)$$

Условие жесткости на консоли:

$$Az1_{\ddot{a}i\ddot{i}} := L \cdot 0.002$$

где $Az1_{\text{допуск}}$ - допускаемое смещение вала в опасных сечениях по жесткости, максимально допустимый прогиб осей и валов составляет 0,0025 длины вала. м при частоте вращения $n < 500$ об/минуту [12]:

$$Az1_{\ddot{a}i\ddot{i}} = 3.5 \times 10^{-4}$$

Εάν $\sigma_{\max} \leq \sigma_{\text{απ}} \text{ , "Όχι" , "Όχι"}$
 Εάν $\sigma_{\max} > \sigma_{\text{απ}} \text{ , "Όχι"}$

Вывод: Данный вал с рассчитанным диаметром удовлетворяет условиям жесткости.

Расчет вала на прочность.

Данный расчет будет проводиться по порядку и методу, указанному в таблице 31 [9,с.217].

Смещение оси вала от оси вращения за счет зазоров в опорах, м:

$$\Delta l_1 := \frac{(\Delta A + \Delta \hat{A}) \cdot (l_1 + L)}{L} - \Delta A = 2.286 \times 10^{-5} \quad (79)$$

Смещение оси вала от оси вращения за счет начальной изогнутости, м:

$$\epsilon l_1 := \hat{\epsilon} \cdot Y_{l_1} = 6 \times 10^{-5} \quad (80)$$

Смещение оси вала от оси вращения за счет динамического прогиба, м :

$$Y_{l_1} := \hat{Y} \cdot Y_{l_1} = 2.848 \times 10^{-9} \quad (81)$$

Динамическое смещение центра массы детали, м:

$$A_{l_1} := Y_{l_1} + \Delta l_1 + \epsilon l_1 + \epsilon \delta l_1 = 5.715 \times 10^{-4} \quad (82)$$

Динамическое смещение вала в точке приведения В, м:

$$A_{\hat{A}} := \hat{Y} + \Delta \hat{A} + \hat{\epsilon} = 8.286 \times 10^{-5} \quad (83)$$

Сосредоточенная центробежная сила, действующая на деталь, Н:

$$\beta := 1$$

$$F_{11} := \beta \cdot m_{11} \cdot \omega^2 \cdot A_{11} = 0.236 \quad (84)$$

где β - коэффициент, учитывающий режим нагрузки, рекомендуется принимать:

3 - значительные толчки.

1.5 - умеренные толчки;

1 - спокойная работа;

Данная центробежная сила, которая действует на вал в точке приведения В:

$$F_{\hat{a}i\ddot{\theta}} := \beta \cdot m_{\hat{a}i\ddot{\theta}} \cdot \omega^2 \cdot A_{\hat{a}} = 2.589 \times 10^{-4} \text{ Н} \quad (85)$$

Комплексы:

$$\hat{A}_1 := 0 \text{ Н}^* \text{ м}$$

$$\hat{A}_2 := \sum_{i=1}^{n_{1\ddot{a}}} (F_{1i} \cdot l_{1i}) = 9.425 \times 10^{-3} \text{ Н}^* \text{ м} \quad (86)$$

Реакция опоры А, Н:

$$R_{\hat{A}} := \frac{1}{L} \cdot (\hat{A}_1 + \hat{A}_2 + F_{\hat{a}i\ddot{\theta}} \cdot L_1) = 0.067 \quad (87)$$

Комплексы:

$$\hat{A}_3 := 0 \text{ Н}^* \text{ м}$$

$$\hat{A}_4 := \sum_{i=1}^{n1\ddot{a}} [F1_i \cdot (L + l1_i)] = 0.042 \text{ Н*м} \quad (88)$$

Реакция опоры Б, Н:

$$R\hat{A} := \frac{1}{L} \cdot (\hat{A}_4 - \hat{A}_3 + F\hat{a}\ddot{o} \cdot L2) = 0.303 \quad (89)$$

Изгибающий момент в опасном по прочности сечении, Н*м:

$$M\hat{e}_1 := (R\hat{A} \cdot z_1)$$

$$M\hat{e}_1 = 2.696 \times 10^{-3}$$

Крутящий момент в опасном по прочности сечении, Н*м:

$$M\hat{e}_1 := \frac{N}{\omega} \quad (90)$$

$$M\hat{e}_1 = 38.197$$

Момент сопротивления в опасном по прочности сечении, м³:

$$w_1 := \frac{\pi}{32} \cdot (d)^3 \quad (91)$$

$$w_1 = 2.651 \times 10^{-6}$$

Эквивалентное напряжение в опасном по прочности сечении, Па:

$$\sigma_{\hat{1}} := \frac{\sqrt{(M_{\hat{e}1})^2 + (M_{\hat{t}1})^2}}{w_1} \quad (92)$$

$$\sigma_{\hat{1}} = 1.441 \times 10^7$$

Запас прочности:

$$\sigma_{-1} := 2450 \cdot 10^5 \text{ Па} \quad [13]$$

$$\sigma_{\hat{a}} := 560 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$\sigma_{-1} := 0.45 \cdot \sigma_{\hat{a}} \text{ Па} \quad (93)$$

$$\sigma_{-1} = 2.52 \times 10^8 \text{ Па}$$

$$K_{\sigma 1} := 2$$

$$K_{d1} := 0.77$$

$$\rho := \frac{K_{\sigma 1}}{K_{d1}} = 2.597 \quad (94)$$

$$n_{\sigma 1} := \frac{\sigma_{-1}}{\rho \cdot \sigma_{\hat{1}}}; \quad n_{\sigma 1} = 6.733 \quad (95)$$

где K_{σ} - эффективный коэффициент концентрации напряжений в опасном сечении подшипника независимо от материала вала [11, с.66];

σ_{-1} - предел выносливости материала при симметричном цикле, Па;

$\sigma_{\hat{a}}$ - предел прочности материала вала, Па

K_d - коэффициент влияния абсолютных размеров поперечного сечения [с.327,14].

Условие прочности:

$$n_{\text{доп}} := 2.3 \quad [с.231,9]$$

$$\sigma_{\text{доп}} := 600 \cdot 10^5 \text{ Па} \quad [13]$$

где $n_{\text{доп}}$ - допускаемый запас прочности.

$\check{I}1 := \text{if} \left[\left(\sigma_{\text{y}\hat{e}a_1} \leq \sigma_{\text{a}\check{i}\check{i}} \right), \text{"Óñëíâèà àùîîëíýàòñý"} , \text{"Óñëíâèà íà àùîîëíýàòñý"} \right]$

$\check{I}2 := \text{if} \left(n_{\check{c}1} \geq n_{\text{-}\check{a}\check{i}\check{i}} , \text{"Óñëíâèà àùîîëíýàòñý"} , \text{"Óñëíâèà íà àùîîëíýàòñý"} \right)$

$$\check{I}\delta\check{i}\text{-}\check{i}\check{n}\check{o}\check{u} := \text{if} \left(\frac{M_{\hat{e}1}}{M_{\hat{e}1}} < 0.3, \check{I}1 , \check{I}2 \right)$$

$\check{I}\delta\check{i}\text{-}\check{i}\check{n}\check{o}\check{u} = \text{"Óñëíâèà àùîîëíýàòñý"}$

Вывод: На рассматриваемом валу условия прочности выполняются, так как эквивалентное напряжение в опасном по прочности сечении меньше допустимого напряжения для материала, из которого изготовливали вал.

3.5 Расчет подшипника качения однорядного радиально-упорного. Расчет муфты

Поскольку вал мы расположили под углом 45^0 к вертикальной плоскости, то осевая и радиальная нагрузки на подшипники будут равны.

$F_{\check{u}} := 250 \text{ Н}$, максимальная возможная нагрузка. (Рисунок 9)

$$F_r := \frac{F}{\sqrt{2}} = 176.777 \text{ Н, радиальная нагрузка.} \quad (96)$$

$T_3 := 40 \text{ Н*м}$, вращающий момент на валу.

$F_a := F_r = 176.777 \text{ Н}$, осевая нагрузка.

$r := 0.015 \text{ м}$, радиус вала.

$$8 F_t := \frac{T_3}{r} = 2.667 \times 10^3 \text{ Н, окружное усилие.} \quad (97)$$

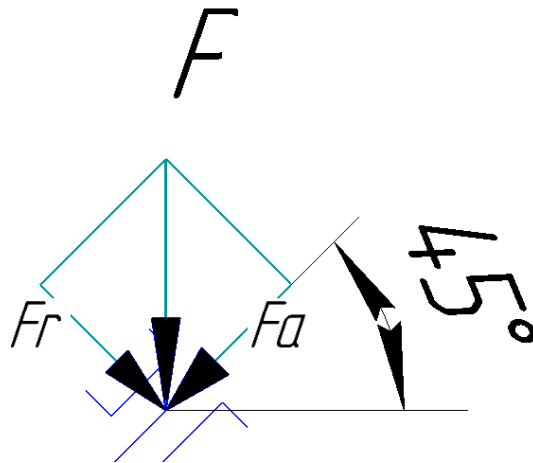


Рисунок 9 - Схема нагружения подшипника

По таблице 64 [15,с.120] берём коэффициенты радиальной и осевой нагрузок X и Y, и параметры осевого нагружения "e":

$X := 0.3\zeta$ -коэффициент радиальной нагрузки.

$Y := 0.5$ - коэффициент осевой нагрузки.

$V := 1$ -коэффициент вращения при вращении внутреннего кольца подшипника.

$e := 1.34$ -параметр осевого нагружения. [16, с.11]

$\hat{E}_O := 1$ -температурный коэффициент [16, с.16].

$\hat{E}_A := 1.2$ -коэффициент безопасности [16, с.15].

Характеристика и размеры выбранного подшипника 80306 [15, с.206]:

$d := 0.0\zeta$ м, внутренний диаметр подшипника

$D := 0.07\zeta$ м, наружный диаметр подшипника

$B := 0.01\zeta$ м, ширина подшипника

$C_0 := 1460$ Н, статическая грузоподъемность

$\alpha := 45\text{deg} = 0.785$ рад, угол наклона вала.

$n := 4\zeta$ об/мин, частота вращения вала.

$C := 2810$ Н, динамическая грузоподъемность.

$l := 0.12$ м, расстояние между торцами подшипников.

$p := 3$ показатель кривой выносливости для шариковых подшипников [16, с.9].

Для того, чтобы определить реакции 1 и 2 опор, найдем точки приложения радиальной реакции от торца подшипника

$$a := 0.5 \cdot \left(B + \frac{d + D}{2} \cdot \tan(\alpha) \right) = 0.035 \text{ м} \quad (98)$$

Тогда размеры рассчитываются так:

$$l_1 := \frac{l}{2} = 0.06 \text{ м} \quad (99)$$

$$l_2 := l_1 = 0.06 \text{ м} \quad (100)$$

$$l_{p1} := l_1 - a = 0.025 \text{ м} \quad (101)$$

$$l_{p2} := l_{p1} = 0.025 \text{ м} \quad (102)$$

Из условия имеем:

$$F_{r1\hat{a}} := 0.65 F_r = 114.905 \text{ Н} \quad (103)$$

$$F_{r1\tilde{a}} := \frac{F_t}{2} = 1.333 \times 10^3 \text{ Н} \quad (104)$$

$$F_{r2\hat{a}} := F_r - F_{r1\hat{a}} = 61.872 \text{ Н} \quad (105)$$

$$F_{r2\tilde{a}} := \frac{F_t}{2} = 1.333 \times 10^3 \text{ í} \quad (106)$$

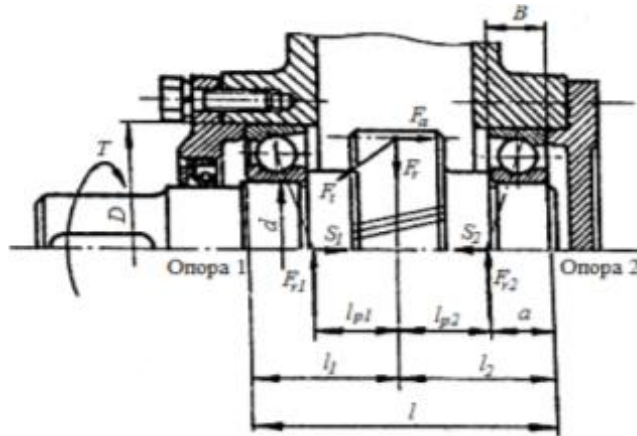


Рисунок 10 - Расположение точки опор, реакций в радиально-упорных подшипниках

Полные радиальные реакции опор:

$$F_{r1} := \sqrt{(F_{r1\hat{a}})^2 + (F_{r1\tilde{a}})^2} = 1.338 \times 10^3 \text{ í} \quad (107)$$

$$F_{r2} := \sqrt{(F_{r2\hat{a}})^2 + (F_{r2\tilde{a}})^2} = 1.335 \times 10^3 \text{ í} \quad (108)$$

Находим предварительные значения параметров осевого нагружения для угла 45° :

$$e_{11} := 1.34$$

$$e_{21} := 1.34 \text{ по табл. 64 [15, с.120]}$$

Осевые составляющие, возникающие от радиальных нагрузок:

$$S_1 := e_{11} \cdot F_{r1} = 1.793 \times 10^3 \text{ Н} \quad (109)$$

$$S_2 := e_{21} \cdot F_{r2} = 1.789 \times 10^3 \text{ Н} \quad (110)$$

Суммарные осевые нагрузки, действующие на подшипники 1 и 2, определим по табл.4 [16,с.20] в зависимости от условий нагружения. Так как $S_1 > S_2$ и $F_a > S_1 - S_2$, то

$$F_{a1} := S_1 = 1.793 \times 10^3 \text{ Н} \quad (111)$$

$$F_{a2} := F_a + S_1 = 1.97 \times 10^3 \text{ Н} \quad (112)$$

Так как вал расположен под 45^0 , то

$$e_2 := e_{11} = 1.34$$

Поскольку

$$\frac{F_{a1}}{V \cdot F_{r1}} = 1.34 \quad (113)$$

$$\frac{F_{a1}}{V \cdot F_{r1}} = e_{11} \quad (114)$$

$$\frac{F_{a2}}{V \cdot F_{r2}} = 1.476 \quad (115)$$

$$\frac{F_{a2}}{V \cdot F_{r2}} > e_2 \quad (116)$$

Находим по табл.1 [15, с.120]

$$X_1 := 1$$

$$X_2 := 0.54$$

$$Y_1 := 0.47$$

$$Y_2 := 0.81$$

Приведенная нагрузка подшипника 1:

$$P_1 := (X_1 \cdot V \cdot F_{r1} + Y_1 \cdot F_{a1}) \cdot \hat{A} \cdot \hat{O} = 2.617 \times 10^3 \text{ Н} \quad (117)$$

Приведенная нагрузка подшипника 2:

$$P_2 := (X_2 \cdot V \cdot F_{r2} + Y_2 \cdot F_{a2}) \cdot \hat{A} \cdot \hat{O} = 2.78 \times 10^3 \text{ Н} \quad (118)$$

Определим ресурс подшипника 1:

$$L_{h1} := \frac{10^6}{60n} \cdot \left(\frac{C}{P_1} \right)^p = 5.156 \times 10^5 \text{ часов.} \quad (119)$$

Определим ресурс подшипника 2:

$$L_{h2} := \frac{10^6}{60n} \cdot \left(\frac{C}{P_2} \right)^p = 4.304 \times 10^5 \text{ часов.} \quad (120)$$

Поскольку $L_{h1} > L_{h2} > 100000$, то рассчитанные ресурсы подшипников соответствуют непрерывно работающим подшипникам с высокой нагрузкой.

Вывод: Этим подшипников вполне достаточно для полного срока эксплуатации дискового гранулятора.

3.6 Расчет муфты

Для того, чтобы соединить вал подшипникового узла с валом, который идет от тарели гранулятора, нужны соединительные устройства - муфта. Муфты бывают в различных исполнениях и вариациях. Мы будем проектировать муфту, которая будет воспринимать небольшие нарушения соосности. Муфту будем изготавливать из 2-х полумуфт, на обеих полумуфтах будут по два отверстия для соединительных болтов и по одному поперечному отверстию для того, чтобы крепить полумуфты на вал (рисунок 11). Для таких муфт надо проверять работоспособность болтов на срез по диаметру стержня [17, с.7], в основном это мы и будем рассчитывать на муфте. Габаритные размеры должны быть подобраны по соответствию к валам. А проверять болты будем по методу В.Е. Кулаева [17].

$K_p := 1.5$ -коэффициент режима работы [17, с.37];

$T_3 := 40 \text{ Н} \cdot \text{м}$, передаваемый крутящий момент;

$z := 2$ количество болтов

$D_0 := 0.05 \text{ м}$, диаметр расположения болтов;

$\tau_{\text{доп}} := 44 \text{ МПа}$, допускаемое напряжение на срез при передаче крутящего момента для Ст10 [18].

$d_0 := 0.008 \text{ м}$, диаметр стержня болта

$$\tau_{\text{факт}} := \frac{8T_3 \cdot K_p}{\pi \cdot D_0 \cdot z \cdot d_0^2 \cdot 10^6} = 23.873 \text{ МПа} \quad (121)$$

$$\sigma_{\text{факт}} := \begin{cases} \tau_{\text{факт}} & \text{if } \tau_{\text{факт}} \leq \tau_{\text{доп}} \\ \tau_{\text{доп}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Óñë = "Óñëíáëà äàáíðííííáííñðè íà ñðáç áùííëíýàðñý"

Определим окружную силу, передаваемую одним болтом на полумуфте:

$D_1 := 0.072$ м, диаметр расположения болтов на полумуфте;

$z_1 := 4$ количество болтов, включая втору полумуфту;

$$F_{t1} := \frac{2 \cdot K_p \cdot T_3}{D_1 \cdot z_1} = 416.667 \text{ í} \quad (122)$$

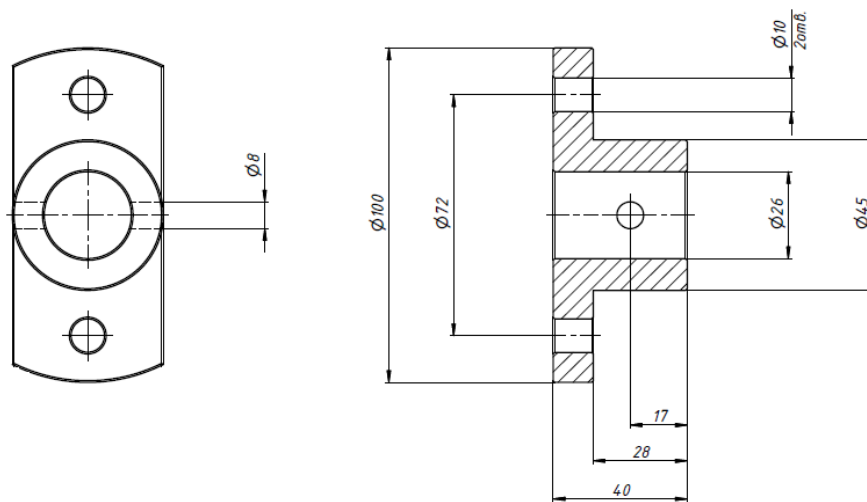


Рисунок 11 - Исполнение полумуфты

Проверяем болты из стали 10 на изгиб:

$l_0 := 0.02$ м, длина болта

$M_{\text{èç}} := 1000 F_{t1} \cdot l_0 = 8.333 \times 10^3 \text{ í} \cdot \text{í}$,изгибающий момент,
принимается, что окружное усилие приложено посредине втулки; (123)

$d_a := 10$ мм, диаметр болта (рисунок 11).

$$W := \frac{\pi \cdot d_a^3}{32} = 98.175 \text{ мм}^3, \text{ момент сопротивления диаметра болта.} \quad (124)$$

$$\sigma_{\text{н}} := \frac{M}{W} = 84.883 \text{ МПа, напряжение болтов на изгиб.} \quad (125)$$

$\sigma_{\text{д}} := 98 \text{ МПа, допускаемое напряжение болтов на изгиб[18];}$

$$\sigma_{\text{н}} := \begin{cases} \sigma_{\text{н}} & \text{if } \sigma_{\text{н}} \leq \sigma_{\text{д}} \\ \sigma_{\text{д}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$\sigma_{\text{н}} = 98 \text{ МПа}$

Вывод: По данному расчету можно сделать вывод, что подобранные болты выдерживают условия работоспособности на срез, и на изгиб.

3.7 Расчет опор

На данном тарельчатом грануляторе уже имеются опоры. В моей работе требуется проверить их надежность, иными словами, проверить, выдержат ли опоры требуемую нагрузку при работе с тарельчатым гранулятором.

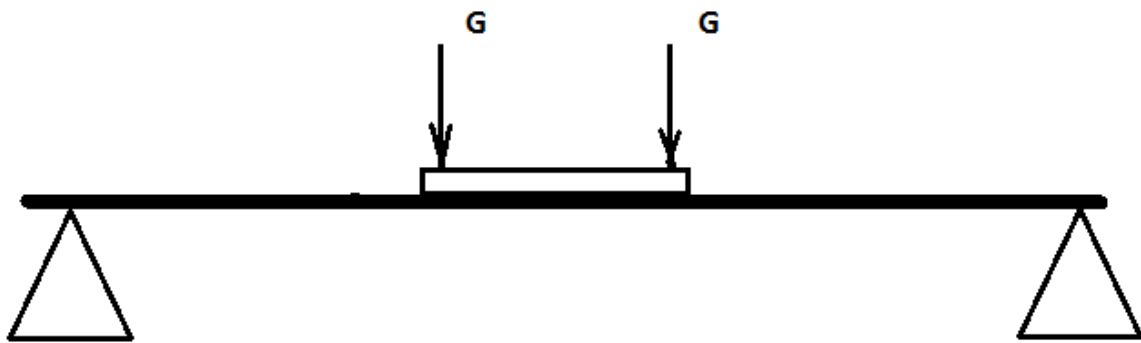


Рисунок 12 - Расчетная схема нагрузки на опорную трубу

Масса вала в сборе с подшипниковым узлом:

$$m_1 := 2.5 \text{ кг;}$$

Масса тарели в загруженном состоянии:

$$m_0 := 23.5 \text{ кг;}$$

Масса рамы:

$$m_{\text{бай}} := 3 \text{ кг};$$

Масса редуктора:

$$m_p := 3 \text{ кг};$$

Вес всего аппарата вместе с крепежными болтами и платформой:

$$M := 1.1 \cdot (m_{\text{д}} + m_{\text{г}} + m_p + m_{\text{бай}}) = 35.2 \text{ кг}; \quad (126)$$

Масса аппарата:

$$g := 9.8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2};$$

Ускорение свободного падения:

$$G := M \cdot g = 344.96 \text{ Н}. \quad (127)$$

Ведущая нагрузка приходится на трубу, которая закреплена между двумя опорами. Рассчитываем данную трубу на изгиб. Расчет боковых опор не нужен, потому что толщина стенки каждой опоры 5 мм, а длина основания 200 мм.

$d_t := 90$ мм, диаметр трубы ;

$l_0 := 260$ мм, расстояния от опоры до места приложения силы;

$s_t := 3$ мм, толщина стенки трубы. Ёй1

$$W := \frac{\pi \cdot (d_t - 2 \cdot s_t)^3}{32} = 5.819 \times 10^4 \text{ мм}^3, \text{ момент сопротивления диаметра}$$

трубы. (127)

$$\dot{\epsilon}_{\text{с}} := G \cdot l_0 = 8.969 \times 10^4 \text{ Н} \cdot \text{мм}, \text{ изгибающий момент.} \quad (128)$$

$$\sigma_{\tilde{n}i} := \frac{\dot{I} \dot{e}_{\zeta}}{W} = 1.541 \ddot{\text{I}}\grave{\text{a}} \quad (129)$$

$\sigma_{\ddot{\text{A}}} := 44 \ddot{\text{I}}\grave{\text{a}}$, допускаемое напряжение изгиба [18]

Условие прочности:

$$\sigma_{\tilde{n}e} := \begin{cases} \text{"}\acute{\text{O}}\tilde{\text{n}}\grave{\text{e}}\hat{\text{i}}\hat{\text{a}}\grave{\text{e}}\grave{\text{a}} \grave{\text{i}}\grave{\text{d}}\hat{\text{i}}\text{-}\hat{\text{i}}\tilde{\text{n}}\grave{\text{o}}\grave{\text{e}} \hat{\text{A}}\hat{\text{U}}\hat{\text{i}}\hat{\text{I}}\hat{\text{E}}\hat{\text{i}}\hat{\text{B}}\hat{\text{A}}\hat{\text{O}}\hat{\text{N}}\hat{\text{B}}\text{"} & \text{if } \sigma_{\tilde{n}i} \leq \sigma_{\ddot{\text{A}}} \\ \text{"}\acute{\text{O}}\tilde{\text{n}}\grave{\text{e}}\hat{\text{i}}\hat{\text{a}}\grave{\text{e}}\grave{\text{a}} \grave{\text{i}}\grave{\text{d}}\hat{\text{i}}\text{-}\hat{\text{i}}\tilde{\text{n}}\grave{\text{o}}\grave{\text{e}} \acute{\text{I}}\hat{\text{A}} \hat{\text{A}}\hat{\text{U}}\hat{\text{i}}\hat{\text{I}}\hat{\text{E}}\hat{\text{i}}\hat{\text{B}}\hat{\text{A}}\hat{\text{O}}\hat{\text{N}}\hat{\text{B}}\text{"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\sigma_{\tilde{n}e} = \text{"}\acute{\text{O}}\tilde{\text{n}}\grave{\text{e}}\hat{\text{i}}\hat{\text{a}}\grave{\text{e}}\grave{\text{a}} \grave{\text{i}}\grave{\text{d}}\hat{\text{i}}\text{-}\hat{\text{i}}\tilde{\text{n}}\grave{\text{o}}\grave{\text{e}} \hat{\text{A}}\hat{\text{U}}\hat{\text{i}}\hat{\text{I}}\hat{\text{E}}\hat{\text{i}}\hat{\text{B}}\hat{\text{A}}\hat{\text{O}}\hat{\text{N}}\hat{\text{B}}\text{"}$$

Вывод: В результате расчета надо отметить, что данные опоры смогут выдержать все необходимые нагрузки, и смогут прослужить весь срок эксплуатации гранулятора.

4 Расчет перемешивающего устройства

Определение диаметра активатора

Для лопастных активаторов

$$d_M = 0,2 \cdot D = 0,2 \cdot 500 = 100\text{мм} \quad (130)$$

Принимаем $d_M = 100$ мм [ГОСТ 6636-69]

Определение основных размеров активатора

По отраслевым нормам подбираем лопастной активатор усиленной конструкции и определяем основные размеры активатора, соответствующие полученному диаметру, т.е. [1]

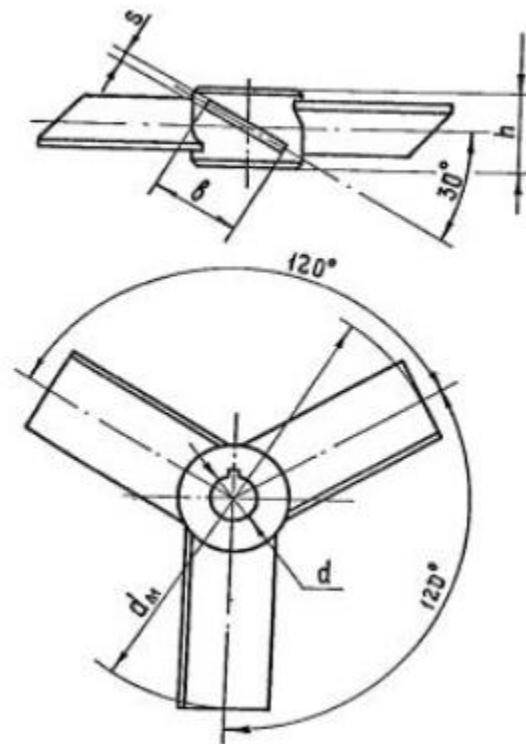


Рисунок 13 – Активатор трёхлопостной

- Ширина активатора $b = 20$ мм
- Диаметр вала $d = 18$ мм
- Высота активатора $h = 30$ мм

- Толщина лопасти [s] = 4 мм
- Масса m=0.33 кг

Определение центробежного числа Рейнольдса

$$Re_{ц} = \frac{\rho \times n \times d_{м}^2}{\mu} \quad (131)$$

Где ρ - плотность жидкости, кг/м³;
 n – частота вращения активатора, с⁻¹;
 $d_{м}$ - диаметр активатора, м;
 μ - вязкость, (Н×с)/м².

В рассматриваемом случае

$\rho_{пр} = 1500$ кг/м³ (см. п.1)
 $\mu = 0,02$ (Н×с)/м² (см. п.1)
 $n = 500$ об/мин = 8,33 с⁻¹

$$Re_{ц} = \frac{1500 \cdot 8,33 \cdot (0,1)^2}{0,02} = 6247$$

Определение номинальной мощности (Вт), потребляемой активатором

$$N_{м} = k_N \times \rho \times n^3 \times d_{м}^5 \quad (132)$$

где k_N - критерий мощности;

В нашем случае

При $Re_{ц} = 1245$ критерий мощности $k_N = 0.3$ [2, с.707]

$$N_{M} = 0,3 \cdot 1500 \cdot 8,33^3 \cdot (0,1)^5 = 2.64 \text{Вт}$$

Определение мощности затрачиваемой на трение

$$N_T = 0.18 \cdot N_M = 0.18 \cdot 2.64 = 0.48 = 0.00048 \text{кВт} \quad (133)$$

Определение номинальной мощности электродвигателя

$$N_э = \frac{N_M + N_T}{\eta_{\text{п}}} \quad (134)$$

где $\eta_{\text{п}} = 0,90 \div 0,96$ – К.П.Д. привода.

В рассматриваемом случае имеем

Принимаем $\eta_{\text{п}} = 0,90$

$$N_э = \frac{2,64 + 0,48}{0,9} = 3,5 \text{ Вт} = 0,0035 \text{ кВт}$$

Принимаем $N_э = 0,2 \text{ кВт}$ [2, с. 727]

5 Проверочный расчет активатора

Определение крутящего момента вала активатора

$$M_{кр} = 9760000 \cdot \frac{N}{n} \quad (135)$$

где n – частота вращения активатора, мин^{-1} ;

N – мощность привода активатора, кВт.

$$M_{кр} = 9760000 \cdot \frac{0,2}{500} = 3,9 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Допустимы крутящий момент не более $30 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$ [1]

Определяем радиус приложения равнодействующей силы

$$r_0 = \frac{3}{4} \times \frac{R^4 - r^4}{R^3 - r^3} \quad (136)$$

где R – радиус лопасти, мм;

r – радиус ступицы, мм.

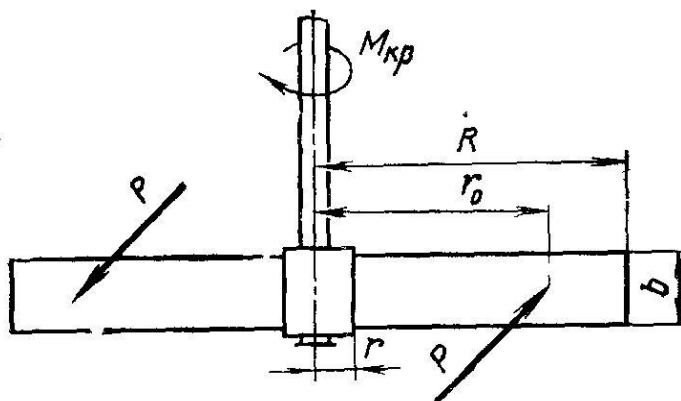


Рисунок 14 – лопастной активатор (расчетная схема)

В рассматриваемом случае

$$R = \frac{d_M}{2} = \frac{100}{2} = 50 \text{ мм} \quad (137)$$

$$r = \frac{d_c}{2} = \frac{18}{2} = 9\text{мм} \quad (138)$$

$$r_o = \frac{3}{4} \cdot \frac{50^4 - 9^4}{50^3 - 9^3} = 38\text{мм} \quad (139)$$

Определение величины равнодействующей силы

$$P = \frac{M_{\text{кр}}}{r_o \times z} \quad (140)$$

где $M_{\text{кр}}$ -крутящий момент на валу активатора ($\text{Н} \times \text{мм}$);
 z -число лопасти на валу.

$$P = \frac{3,9 \cdot 10^3}{38 \cdot 3} = 34,2\text{Н}$$

Определение изгибающего момента у основания лопасти

$$M_{\text{изг}} = P \cdot (r_o - r) = 34,2 \cdot (38 - 9) = 992,1 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (141)$$

Определение момента сопротивления лопасти

$$W = \frac{M_{\text{изг}}}{[\sigma]} \quad (142)$$

где $[\sigma]$ – допускаемое напряжение материала активатора, МПа

В рассматриваемом случае:

Допускаемое напряжение определяется формулой

$$[\sigma] = \eta \times \sigma^*$$

где η - поправочный коэффициент;

σ^* - нормативное допускаемое напряжение.

Для стали 12Х18Н10Т при $t_{\text{ан}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ имеем: $\sigma^* = 184 \text{ МПа}$ [2, с.37].

Поправочный коэффициент $\eta = 1$, т.к. особые условия работы не оговорены.

Следовательно

$$[\sigma] = 1 \cdot 184 = 184 \text{ Мпа}$$

Окончательно имеем

$$W = \frac{M_{\text{изг}}}{[\sigma]} = \frac{992,1}{184} = 5,4 \text{ мм}^3$$

Определение толщины лопасти

$$s = \sqrt{\frac{6 \times W}{b}} \quad (143)$$

где b – ширина лопасти активатора, мм

В нашем случае:

$$b = 20 \text{ мм}$$

$$s = \sqrt{\frac{6 \cdot 5,4}{20}} = 1,3 \text{ мм} < [s] = 4$$

Вывод: условие прочности выполняется, значит активатор подобран верно.

5.1 По расчетным данным активатора, выбираем двигатель

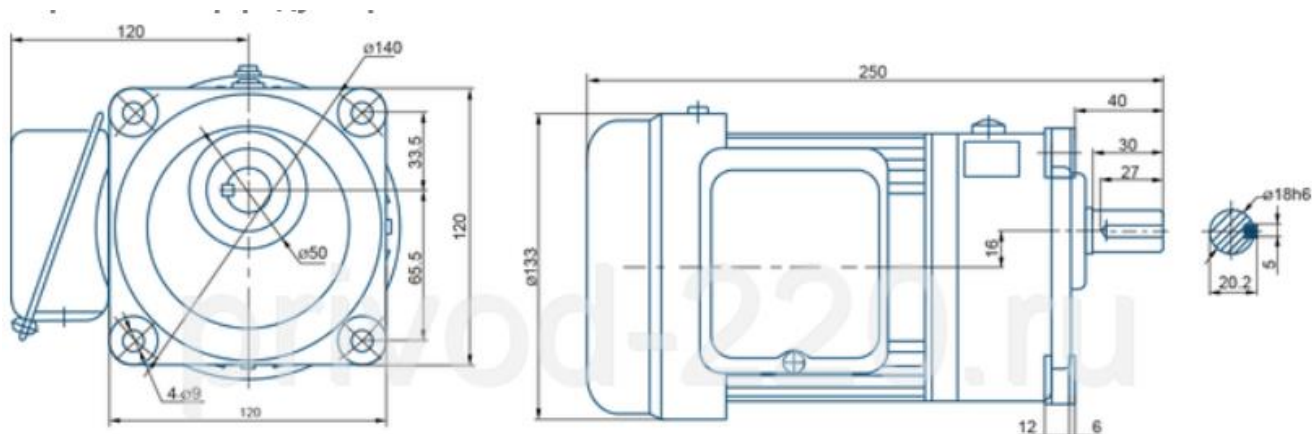


Рисунок 15 - Чертеж мотор-редуктора 1# GV18-200W-20SB

Характеристики

ОСНОВНЫЕ

Производитель	ZD Motor
Страна производитель	Китай
Тип	Мотор-редуктор
Тип редуктора	Цилиндрический
Максимальная частота вращения вала	1400.0(об/мин)
Максимальный крутящий момент	20.6(Нм)
Минимальная мощность присоединяющегося электродвигателя	0.2(кВт)
Номинальное передаточное число	20.0

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Вес	4.5(кг)
Тип питания электродвигателя	3x220/380 VAC

За основу нашего изобретения мы взяли патент РФ 2491985 [23].

Известен тарельчатый гранулятор с активатором, содержащий корпус, в котором установлена с возможностью вращения наклонная тарель, привод тарели, введен активатор с приводом. Активатор установлен перпендикулярно дну тарели с зазором относительно дна и борта тарели 5-10 мм. Активатор размещен в зоне, где сосредотачиваются наиболее крупные гранулы и слипшиеся агрегаты. Ударное воздействие лопастей активатора, с одной стороны, приводит к разрушению крупных гранул и агрегатов, а с другой стороны, инициирует гранулообразование в исходном материале. Привод вращения активатора выполнен регулируемым (по частоте вращения), что позволяет активно влиять на процесс гранулирования, в частности на размер получаемого гранулята.

Однако происходит нарушение режима переката материала и связанного с ним процесса сегрегации гранул, что в свою очередь не обеспечит эффективного получения гранул заданного размера, формы, плотности, влажности.

Задачей данного изобретения является создание тарельчатого гранулятора, в котором за счет модернизации конструктивного элемента - активатора сокращается время гранулирования, повышается выход гранул фракции 0,75-2,5 мм, однородных по качеству (форме и плотности), снижается влажность гранулята, который устанавливается примерно в зоне между 4-5 часов, относительно тарели [23].

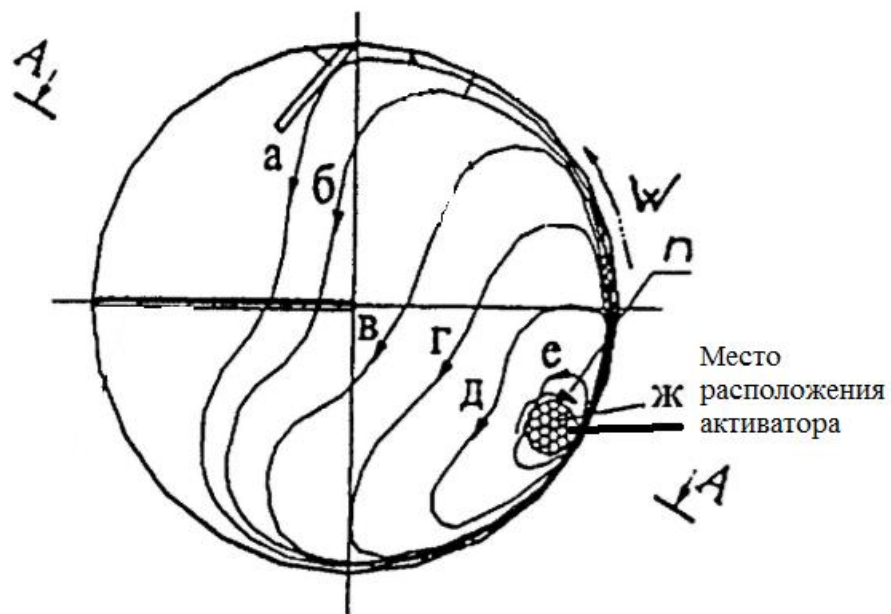


Рисунок 16 – Траектория движения гранул

На рисунке 16 отмечены траектории: а - траектория (условная) движения исходного материала; б, в, г, д - траектории движения гранул по мере их роста; е - траектория движения самых крупных гранул, ж - зона захвата активатора.

6 Результаты проведенного исследования

В общей сложности надо отметить, что цели, которые поставили, мы успешно достигли. В процессе выполнения работы был произведен демонтаж лабораторного дискового гранулятора, и в конечном итоге были обнаружены изношенные узлы гранулятора. Дабы наш гранулятор работал без нареканий довольно длительное время, мы рассчитали отдельные узлы гранулятора, которые затем были сделаны под заказ. Нам надо было рассчитать вал, подшипниковый узел, муфту и провести поверочный расчет оставшихся узлов, которые в общих чертах имели хорошее состояние.

Из-за повышенной липкости пищевых масс будет происходить налипание материала и, как следствие этого, устройство не обеспечит эффективного выделения гранул требуемого размера, дабы решить эту проблему, мы сделали тарельчатый гранулятор с активатором.

Со данными задачами, по моему мнению, мы успешно справились. Отныне наш гранулятор работает в нормальном режиме, и кафедра может работать на нем, проводить лабораторные работы, делать эксперименты и исследования в различных областях. Еще следует отметить, что в результате этой работы мы сэкономили большую сумму средств, с отчетом которой вы сможете ознакомиться далее.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4КМ61	Натаров Николай Владимирович

Институт	ИШНПТ	Кафедра	НОЦ им. Н.М.Кижнера
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	14.08.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Затраты на проектирование, заказ, монтаж и установку тарельчатого гранулятора	Расчет общих затрат на проектирование отдельных узлов, их приобретение и установку.
2. Расчет экономической эффективности модернизации тарельчатого гранулятора	Расчет экономической эффективности и экономии средств при модернизации тарельчатого гранулятора

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Затраты на проектирование и закупку отдельных узлов тарельчатого гранулятора

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4КМ61	Натаров Николай Владимирович		

7 Расчет экономической эффективности модернизации тарельчатого гранулятора

Понятия «экономический эффект» и «экономическая эффективность» относятся к числу важнейших категорий рыночной экономики. Эти понятия тесно связаны между собой.

Экономический эффект предполагает какой-либо полезный результат, выраженный в стоимостной оценке.

Экономическая эффективность – это соотношение между результатами хозяйственной деятельности и затратами живого и овеществленного труда, ресурсами [33].

В показателях выручки (объеме реализованной продукции), дохода, прибыли выражается полезный результат деятельности фирмы в стоимостной форме. Их принято называть показателями экономического эффекта, который является величиной абсолютной (руб./ед. времени).

В отличие от экономического эффекта экономическая эффективность – величина относительная. Определить её можно лишь сопоставив экономический эффект как результат деятельности с затратами, которые обусловили этот эффект. Чаще всего экономическая эффективность определяется коэффициентом экономической эффективности E в зависимости от того, в чем выражен экономический эффект и какие затраты учитываются при расчете, коэффициент экономической эффективности может рассчитываться по-разному, но суть остается той же [33].

Самым распространенным коэффициентом экономической эффективности является показатель рентабельности p (все его разновидности).

Оценка экономической эффективности лежит в основе управления инвестиционной деятельностью предприятия, так как выбор инвестиционных проектов осуществляется по критерию экономической эффективности и показателям её характеризующим.

При расчете показателей экономической эффективности следует различать экономическую эффективность краткосрочного решения (разовой сделки) и экономическую эффективность долгосрочного проекта, реализация которого предполагает несколько лет [33].

Эффект и эффективность

Любая деятельность имеет определенный результат, который человек всегда стремился оценить. С развитием производства, а особенно его промышленного масштаба, эта оценка, стремление «получать больше взамен на меньшее или, по крайней мере, столько же» спровоцировала появление концепции эффективности производства – как отдельной серьёзной составляющей изучения экономики организации.

Нужно различать понятие «эффект» и «эффективность».

Эффект – абсолютный показатель результата какого-либо действия или деятельности. Он может быть как положительным, так и отрицательным.

Эффективность – относительный показатель результативности и может быть только положительной величиной [34].

Расчет экономической эффективности рекомендуется производить путём сравнения затрат с экономическим эффектом как денежным выражением результата по формуле:

$$\text{Эффективность (Э)} = (\text{Результат (Р)} / \text{Затраты (З)}) * 100\%$$

Затраты (З) и результаты (Р) могут сопоставляться между собой различными способами, при этом получаемые показатели имеют разный смысл, акцентируя ту или иную сторону категории «эффективность»:

показатель вида P/Z характеризует результат, получаемый с единицы затрат;

отношение Z/P означает удельную величину затрат, приходящихся на единицу достигаемого результата;

разница $P-Z$ характеризует абсолютную величину превышения результатов над затратами;

показатель $P-Z/Z$ даёт оптимальную величину эффекта;

показатель Р-З/Р отражает удельную величину эффекта, приходящуюся на единицу получаемого результата [34].

В настоящее время используются различные термины, по-своему характеризующие соотношение результата с определёнными целевыми установками – результативность, целесообразность, экономичность, производительность, действенность.

Эффективность – характеристика процессов и воздействий сугубо управленческого характера, отражающая прежде всего степень достижения преследуемых целей, поэтому эффективностью обладает лишь целенаправленное взаимодействие [34].

Под эффективностью также понимают:

-определённый конкретный результат (эффективность действия чего-либо);

-соответствие результата или процесса максимально возможному, идеальному или плановому;

-функциональное разнообразие систем;

-числовую характеристику удовлетворительности функционирования;

-вероятность выполнения целевых установок и функций;

-отношение реального эффекта к требуемому (нормативному) эффекту[34].

В данной работе будет произведена оценка эффективности модернизации тарельчатого гранулятора. Иными словами, будет произведена оценка того, насколько экономически выгодно осуществлять модернизацию аппарата, возможно, что проще и дешевле будет приобрести новый аппарат.

Для расчета экономической эффективности был проведен мониторинг рынка тарельчатых грануляторов. По результатам мониторинга было установлено, что средняя стоимость тарельчатого гранулятора с необходимыми параметрами работы, а также с той укомплектованностью, которая имеется на модернизируемом нами аппарате, составила 60 тыс. рублей. При этом, также необходимо произвести доставку оборудования

транспортной компанией. Транспортные компании предлагают наиболее дешевую доставку железнодорожным сообщением. Стоимость доставки составит 3000р. Данная цена складывается из стоимости за массу товара, а также за его габариты. Итоговая сумма нового лабораторного тарельчатого гранулятора с активатором вместе с доставкой составила 81 тыс. рублей.

Затраты = стоимость товара + доставка = 78000 + 3000 = 81000 рублей

Расчет экономической эффективности

Далее рассмотрим, какие затраты будут необходимы на проектирование, заказ, установку некоторых узлов лабораторного тарельчатого гранулятора и на поверочный расчет уже имеющихся узлов этого же аппарата. Для модернизации нашего аппарата необходимо спроектировать и заказать следующие узлы:

- вал;
- активатор;
- двигатель активатора;
- подшипниковый узел;
- муфта;
- скребки;

Стоимость оказания услуг по проектированию данных узлов, исходя из объема и сложности расчетов:

- проектирование подшипникового узла – 3000 рублей;
- проектирование муфты – 1000 рублей;
- проектирование вала – 2000 рублей;
- проектирование скребков – 1500 рублей;
- проектирование активатора – 1000 рублей.

Стоимость оказания услуг по производству поверочного расчета отдельного звена аппарата:

- поверочный расчет тарели – 1000 рублей;

- поверочный расчет активатора – 1000 рублей;
- поверочный расчет редуктора – 2000 рублей;
- поверочный расчет двигателя – 1000 рублей;
- поверочный расчет опор аппарата – 1000 рублей;

Стоимость производства деталей на заказ, либо их покупка:

- подшипник – 1000 рублей;
- активатор – 1000 рублей;
- двигатель активатора – 5000 рублей;
- опора – 2000 рублей;
- вал – 1000 рублей;
- муфта – 1000 рублей;
- скребки – 500 рублей;

Затраты на каждую произведенную деталь:

$$Z_i = Pr_i + C_i$$

Pr_i - затраты на проектирование детали, руб;

C_i – затраты на заказ либо покупку детали, руб;

Затраты на подшипниковый узел:

$$Z_1 = 3000 + 2000 = 5000 \text{ рублей} \quad (144)$$

Затраты на муфту:

$$Z_2 = 1000 + 2000 = 3000 \text{ рублей} \quad (145)$$

Затраты на вал:

$$Z_3 = 2000 + 1000 = 3000 \text{ рублей} \quad (146)$$

Затраты на скребки:

$$З_4 = 1000 + 500 = 1500 \text{ рублей} \quad (147)$$

Затраты на активатор:

$$З_5 = 1000 + 1000 = 2000 \text{ рублей} \quad (148)$$

Затраты на двигатель активатора:

$$З_6 = 5000 \text{ рублей} \quad (149)$$

Общие затраты (с учетом затрат на поверочный расчет), руб:

$$З = \sum Z_i + \sum П_i$$

$\sum П_i$ -сумма затрат на поверочный расчет старых узлов аппарата, руб.

$$З = 5000 + 3000 + 3000 + 1500 + 1000 + 2000 + 1000 + 1000 + 2000 + 5000 = 24500 \text{ рублей} \quad (150)$$

Сведем расчеты в таблицу:

Таблица 1 - Результаты расчета

№ п/п	Наименование узла аппарата	Стоимость проектирования/поверки, руб.	Стоимость на заказ/покупку, руб.	Кол-во, шт.	Всего, руб.
1	Подшипник	3000	1000	2	5000
2	Муфта	1000	1000	2	3000
3	Вал	2000	1000	1	3000
4	Скребки	1000	500	1	1500
5	Двигатель	1000	-	1	1000
6	Редуктор	2000	-	1	2000
7	Тарель	1000	-	1	1000
8	Опоры	1000	-	1	1000
9	Активатор	1000	1000	1	2000

10	Двигатель активатора		5000	1	5000
Итого		12000	-	-	24500

Эффективность = результат/затраты*100%= 81000/24500*100%=330%

Экономия средств=81000-24500=56500 рублей

По произведенным мною расчетам можно сделать вывод о том, что проектирую и заказываю необходимые элементы аппарата, мы экономим средства юльше, чем в 3-х кратном размере, что, безусловно, наиболее экономически эффективно. На сэкономленные средства можно приобрести детали, которые больше остальных подвержены износу, тем самым мы значительно увеличиваем срок службы аппарата, что и было целью данного проекта.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4КМ61	Натаров Николай Владимирович

Институт	ИШПР	Кафедра	ОХИ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	14.08.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.</p>	<p><i>Объект исследования</i> – лабораторный тарельчатый гранулятор для гранулирования крахмала <i>Рабочая зона</i> – научно-исследовательская лаборатория. <i>Область применения</i> - химическая промышленность.</p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные 	<p>1.1. Выявление вредных факторов в научно-исследовательской лаборатории при разработке и эксплуатации научного исследования:</p> <ul style="list-style-type: none"> - вредные вещества, освещение, производственный шум; - физико-химическая природа вредности веществ и их связь с разрабатываемой темой; - действие вредных веществ на организм (крахмальная пыль); - предлагаемые средства защиты для работы в молекулярно-биологической лаборатории: <p>1.2. Выявление опасных факторов при разработке и эксплуатации научного исследования:</p> <ul style="list-style-type: none"> - микроклиматические условия ; - электробезопасность (токоведущие части электрооборудования); - вентиляция (способы вентиляции в научно-исследовательской лаборатории); - молниезащита производственных зданий и сооружений (при работе с
--	---

средства пожаротушения).	<i>электрооборудованием необходимо заземление);</i>
2. Экологическая безопасность: <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<i>- вредные вещества, которые выделяются или используются во время эксперимента через вентиляционную систему</i>
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<i>-пожарная и взрывная опасность - перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения-пожар, взрыв, разрушения зданий в результате разрядов атмосферного электричества, ураган, землетрясения;</i>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<i>- правовые нормы трудового законодательства, регулирующие соблюдение безопасности при работе в производственных помещениях (законы, организации и т.д.)</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЭБЖ ИНК	Ахмеджанов Р.Р.	д.б.н., профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4КМ61	Натаров Николай Владимирович		

8 Техника безопасности и противопожарная техника, охрана окружающей среды и экология

Поддержание комфортных условий труда и отдыха ведет к повышению производительности труда. Анатомические и физиологические особенности человека должны приниматься во внимание при выборе оптимальных параметров среды. Поддержание безопасности на работе и отдыхе способствует сохранению жизни и здоровья человека в результате уменьшения, как числа несчастных случаев, так и темпов роста болезней под воздействием отрицательных факторов, вызванных оборудованием или окружающей средой, воздействием природы, экологическими катастрофами, чрезвычайными обстоятельствами.

Данный раздел выполняется с целью проанализировать вредные и опасные факторы, а также средства защиты от них. Приводится характеристика условий освещенности рабочего места, средств взрывозащиты и прочие. Проводится анализ условий труда на соответствие требованиям нормативных документов.

8.1 Производственная безопасность

Безопасные условия труда, в первую очередь, обеспечиваются комплексом профилактических мероприятий, соответствующих созданию таких условий труда, когда суммарное воздействие всех факторов на организм человека не превышает установленных предельно-допустимых концентраций.

Данная работа выполнялась по расчету лабораторного тарельчатого гранулятора в НИ Томском политехническом университете г. Томск, который относится к 1 группе административного района [23].

8.1.1 Выявление вредных факторов в научно-исследовательской лаборатории при разработке и эксплуатации научного исследования

Тарельчатый гранулятор находится в научно-исследовательской лаборатории 2-го корпуса. В данной дипломной работе в качестве сырья использовался крахмал картофельный. Так как аппарат используется только для проведения экспериментов, то его производительность, то его производительность очень мала, следовательно, используемое количество крахмала не имеет вредных воздействий, таких как пылеобразование. Также в научно-исследовательской лаборатории необходимо учитывать вредное воздействие освещенности, шумов и вибрации. По ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» определили, что ПДК молотого угольного шлака в производственные помещения составляет 4 мг/м^3 . Данный показатель соответствует 4 классу опасности, то есть, как умеренно-опасный фактор. При работе с тарельчатым гранулятором невозможно образование пыли, поскольку крахмал перед использованием обязательно смачивается. Но при работе в данной научно-исследовательской лаборатории необходимо применять индивидуальные средства защиты, такие как респиратор, очки, халат, перчатки.

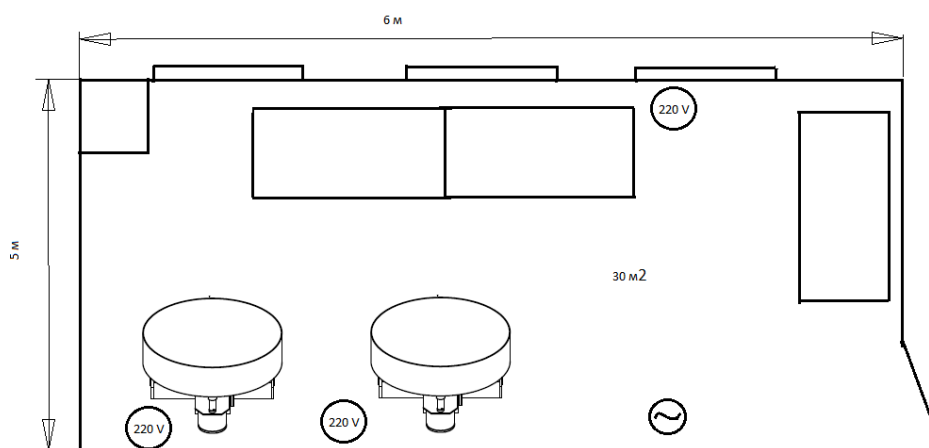


Рисунок 17 - Схема рабочего места

8.1.2 Освещенность

Освещение оказывает большое влияние на зрительную работоспособность, физическое и моральное состояние людей, производительность и качество труда.

Следовательно, для сохранения работоспособности в течение рабочей смены необходимым условием является рациональное освещение помещений и рабочих мест, которое обеспечивается естественным и искусственным освещением согласно СНиП 23-05-095 [24].

Город Томск относится к 1 группе административного района. Характеристика зрительной работы средней точности, поэтому разряд зрительной работы принимаем 26, а освещение должно удовлетворять следующим требованиям: обеспечивать равномерность освещения, не вызывать слепящего действия, не образовывать резких теней, быть экономичным.

В качестве искусственного освещения выбираем люминесцентные открытые двухламповые светильники типа ОДО-2-40, удовлетворяющим требованиям взрывопожаробезопасности, а также для работы в пыльных помещениях. В качестве естественного освещения выбираем боковую систему освещения от оконных проемов, коэффициент естественного освещения $e=1,2$.

В лаборатории искусственное освещение обеспечивается четырьмя люминесцентными лампами и освещенность $E = 400$ люкс [24].

Расчет освещенности

Геометрические размеры лаборатории следующие:

Ширина $A=6$ м;

Длина $B=5$ м;

Высота $H=5$ м.

Минимальное освещение:

$E_T=400$ лк.

Коэффициент запаса для помещения с малым выделением пыли при

люминесцентных лампах:

$$k=1,5.$$

Расчетная освещенность:

$$E_p = E_t * k = 400 * 1,5 = 600 \text{ лк.} \quad (151)$$

Свес светильников с потолка: $h_c = 0,2$ м.

Высота рабочей поверхности над полом: $h_p = 3$ м.

Высота подвеса светильников над рабочим местом:

$$h = H - h_c - h_p = 5 - 0,2 - 3 = 1,8 \text{ м.} \quad (152)$$

Площадь помещения:

$$S = A * B = 6 * 5 = 30 \text{ м}^2. \quad (153)$$

Удельная мощность:

$$w = 16 \text{ Вт/м}^2.$$

Суммарная установленная мощность:

$$P = S * w = 30 * 16 = 480 \text{ Вт.} \quad (154)$$

Мощность одного светильника:

$$P_i = 80 \text{ Вт.}$$

Количество светильников: $n = P / P_j = 480 / 80 = 6$ шт.

Для равномерного общего освещения светильники располагаются в коридорном порядке.

Размеры светильника типа ОД-2-40:

Ширина 266 мм;

Длина 1230 мм;

Высота 156 мм.

Величина светового потока лампы:

$$F=(E*k*S*z)/(np) \quad (155)$$

где $E=400\text{лк}$ - минимальная освещенность,

$k=1,5$ - коэффициент запаса для люминесцентных ламп,

$$S=5*6=30\text{м}^2 - \text{площадь помещения} \quad (156)$$

$z=0,9$ - коэффициент неравномерности освещения

$$i=S/(h(A+B))=30/(5(5+6))=0,54 - \text{индекс помещения} \quad (157)$$

$r_{\text{п}}=70\%$ - коэффициент отражения потолка

$r_{\text{с}}=50\%$ - коэффициент отражения стен

$\rho=0,3$ - коэффициент использования светового потока.

$$F=(400*1,5*30*0,9)/(6*0,3)=9000\text{лм} \quad (158)$$

$F_{\text{ТАБЛ}}=2480\text{лм}$

$$((F-F_{\text{ТАБЛ}})/F) * 100\% = ((9000-2480)/9000) * 100\% = 72,4\% \quad (159)$$

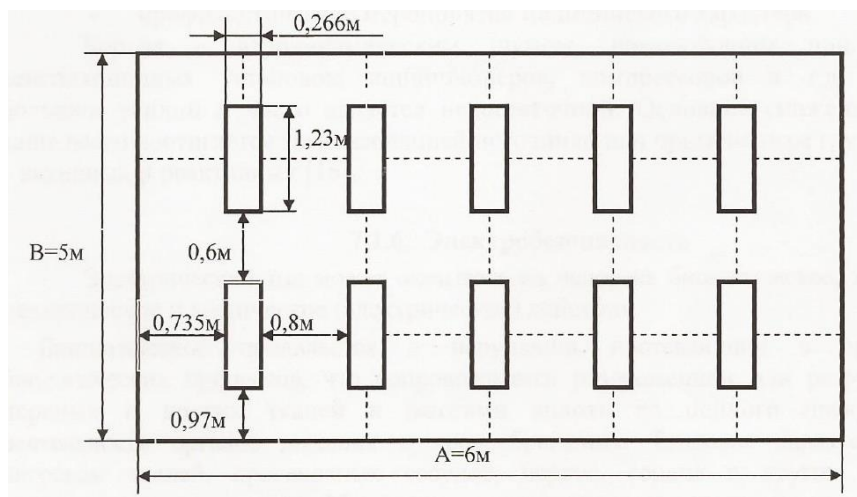


Рисунок 18 - План - схема размещения светильников

8.1.3 Шумы и вибрации

Шум и вибрация в большей или меньшей степени могут временно активизировать или постоянно подавлять определенные психические процессы организма человека. Физиопатологические последствия могут проявляться в форме нарушения слуха и других анализаторов.

Шум и вибрация не только ухудшают самочувствие человека и снижают производительность труда в среднем на 10-15%, но и очень часто приводят к профессиональным заболеваниям.

Шумы создаются работающими приборами, вентиляторами. В большинстве случаев технически трудно снизить шум до очень малых уровней, поэтому при нормировании исходят не из оптимальных, а из терпимых условий, т.е. таких, когда вредное действие шума на человека не проявляется или проявляется незначительно.

Нормирование допустимых уровней звукового давления производится в соответствии с ГОСТ 12.1.003.-88 [24]. По данному ГОСТу уровень звука в производственных помещениях не должен превышать 85 дБА. [25].

Снижение шума и вибрации можно достичь следующими методами:

-устранение причин шума и вибрации или существенное их ослабление в источнике образования;

-изоляция источников шума и вибрации от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения;

-применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения;

-архитектурно - планировочные решения, предусматривающие рациональное размещение технологического оборудования, машин, механизмов, акустическая обработка помещений; применение средств индивидуальной защиты;

-профилактические мероприятия медицинского характера.

Борьба с аэродинамическим шумом, возникающим при работе вентиляционных установок, кондиционеров, компрессоров и т.д. требует больших усилий и часто является недостаточной. Основное снижение шума чаще всего достигается звукоизоляцией источника или применением глушителей - активных и реактивных [26].

8.1.4 Микроклиматические условия

Одним из необходимых условий здорового и высокопроизводительного труда является обеспечение нормальных микроклиматических условий, являющихся важной характеристикой санитарно-гигиенических условий труда. К микроклиматическим условиям на рабочем месте относятся температура воздуха, относительная влажность, скорость движения воздуха. Микроклиматические условия в лаборатории очень часто изменчивы и зависят от метеорологических условий наружной атмосферы, мощности источников тепловыделений в лаборатории, расположения рабочего места, воздухообмена и т.д. Вызываемое метеорологическими условиями тепловое воздействие или воздействие холода может привести к значительным изменениям жизнедеятельности организма человека и вследствие этого к снижению производительности труда, повышению общей заболеваемости работающих. Для исключения вредного влияния микроклиматических факторов на организм человека и создания нормальных условий труда в

рабочей зоне параметры воздушной среды должны соответствовать СанПиН 2.2.4.548-96 [27].

Для измерения температуры воздуха в помещении чаще всего применяют ртутные термометры. Поскольку температура воздуха в лаборатории не является постоянной величиной, ее измеряют в нескольких точках в разное время на высоте 1,3... 1,5 м от уровня пола и на расстоянии не менее 1... 1,5 м от приборов и аппаратов, излучающих тепло, а также от наружных стен.

Параметры микроклиматических условий соответствуют СанПиН 2.2.4.548-96 [27].

Температура, влажность и скорость движения воздуха нормированы с учетом сезона года, категории выполняемых физических работ. В процессе производства персонал работает стоя, большинство операций связано с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождается умеренным физическим напряжением, поэтому работа относится как средней тяжести, категории 26. Данные сведены в таблицу 2.

Таблица 2 - Допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Сезон года	Категория Тяжести выполняемых работ	Температура воздуха, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/сек	
		Фактич. значение	Допустим. значение	Фактич. значение	Допустим. значение	Фактич. значение	Допустим. значение
Холодный	26	20	19,1-22,0	53	12-75	0,1	0,2-0,4
Теплый		22	21,1-27	55	15-75	0,2	0,2-0,5

Для обеспечения нормальных метеорологических условий и поддержания теплового равновесия между телом человека и окружающей средой в лаборатории проводится ряд мероприятий, основными из которых являются: обеспечение приточно-вытяжной вентиляцией, системой водяного отопления, которые всегда должны находиться в рабочем состоянии [28].

В нашем помещении существуют действующие вентиляция и водяное отопление, которые позволяют поддерживать необходимую температуру, соответствующую СанПин 2.2.4.

8.1.5 Вентиляция

Вентиляция представляет собой организованный воздухообмен, обеспечивающий удаление из помещения воздуха, загрязненного вредными газами, парами, пылью, а также улучшающий метеорологические условия в помещениях. По способу подачи в помещение свежего воздуха и удаления загрязненного системы вентиляции делят на естественную, искусственную (механическую) и смешанную. По назначению вентиляция может быть общеобменной и местной.

На исследуемом участке используется естественная вентиляция помещения (аэрация).

Аэрация представляет собой естественную организованную управляемую вентиляцию. Физической основой такой вентиляции является тепловое (теплый воздух, более легкий, чем холодный поднимается вверх, вытекает наружу, в результате чего внизу создается пониженное давление и наружный воздух устремляется внутрь), а также ветровое давление. При аэрации воздухообмен контролируют с помощью фрагуг, расположенных в нижней части здания.

8.2 Выявление опасных факторов при разработке и эксплуатации научного исследования

8.2.1 Электробезопасность

Электрический ток представляет собой опасность, которая не предупреждает о своем присутствии (нет видимых движущихся частей, свечения, запаха, шума), а в случае повреждения электроустановок, в данном случае тарельчатого гранулятора, (нарушения прочности изоляции, отсутствия заземления, неправильного его выполнения, обрыва и т.д.) вокруг места повреждения возникает опасное электрическое поле.

Особенно опасно прикосновение человека к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

Вследствие теплового воздействия электрического тока при непосредственном прикосновении человека к токоведущим частям и при воздействии электрической дуги возникают внешние местные поражения (ожоги).

Ожоги могут быть поверхностные или глубокие, сопровождающиеся поражением не только кожных покровов, но и подкожной ткани, жира, глуболежащих мышц и кости.

Различают три степени электрических ожогов:

1. Покраснение кожи.
2. Образование пузырей.
3. Обугливание и омертвление кожи.

Раны от ожогов заживают очень долго, а поражение 2/3 поверхности тела может привести к смертельному исходу. Возникают также механические повреждения — разрыв тканей и некоторых внутренних органов, это может быть следствием динамических перенапряжений при прохождении через тело человека электрического тока (практически — тока короткого замыкания) при случайном прикосновении одновременно к двум токоведущим шинам, напряжением выше 1000 В.

Механическое повреждение может быть вызвано падением человека с высоты вследствие испуга при незначительном воздействии силы тока, практически безопасного, если не были выполнены меры безопасности при работе на высоте.

Наибольшую, опасность при всех видах поражения представляет электроудар, когда при прохождении тока через тело человека поражается весь организм в целом, возникают судороги, расстройство дыхания, аритмия работы сердца. Степень опасности силы тока зависит от силы тока, проходящего через организм. Если сила тока, проходящего через организм 1,5 мА (при постоянном напряжении), то в месте контакта с токоведущими

частями ощущается зуд и нагрев. Такую силу тока называют порогом ощущения [29].

Увеличение силы тока до 10 мА при переменном и до 50 мА при постоянном напряжении вызывает у человека сильные боли в пальцах и кистях рук. При такой силе тока человек еще может самостоятельно оторваться от токоведущих частей. Такую силу тока называют условно безопасной.

Дальнейшее увеличение от 10 мА до 100 мА при переменном и от 50 мА до 100 мА при постоянном напряжении вызывает очень сильные боли, руки парализуются, наступает паралич дыхания, самостоятельно оторваться от токоведущих частей невозможно. Сила тока при снижении сопротивления человеческого тела постоянно возрастает и при достижении 100 мА, как при переменном, так и при постоянном напряжении наступает клиническая смерть (отсутствие внешних признаков жизни) [29].

Опасное и вредное воздействие на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей проявляются в виде электротравм и профессиональных заболеваний. Для предотвращения этих и других несчастных случаев необходимо разработать электробезопасность конструкций [29].

Согласно ПЭУ данная лаборатория относится к помещению без повышенной электроопасности, которое характеризуется отсутствием условий, создающих повышенную и или особую опасность.

Основные способы и средства электрозащиты:

- изоляция токоведущих частей и ее непрерывный контроль;
- установка оградительных устройств;
- предупредительная сигнализация и блокировки;
- использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов;
- использование малых напряжений;

- электрическое разделение сетей;
- защитное заземление;
- выравнивание потенциалов;
- зануление;
- защитное отключение;
- средства

8.2.2 Молниезащита зданий и сооружений

В соответствии с инструкцией РД 34.21.122-87 здания и сооружения подразделяются на три категории по устройству молниезащиты. Категории устанавливаются с учетом классификации зданий и сооружений по классу взрыво- и пожароопасных зон, предусмотренной правилами (ПУЭ); интенсивности грозовой деятельности в районе, сложности молниезащитных устройств, в зависимости от типа зоны молниезащиты и ожидаемого количества молний. Данные по молниезащите приведены в таблице.

Таблица 3 - Молниезащита зданий и сооружений

Район расположения предприятия	Среднегодовая продолжительность гроз, ч/год	Вид объекта и класс взрывоопасных зон	Тип зоны защиты	Категория молниезащиты	Тип молниезащиты
г.Томск	40-60	Учебное заведение	Б	Ш	Молниеприемная сетка, стержневой молниеотвод

8.3 Экологическая безопасность

Работа с данным гранулятором не оказывает негативного влияния на качество окружающей среды. Получаемым сырьем являются крахмальные гранулы. В процессе гранулирования не добавляются никакие химические соединения, также процесс производится в лаборатории, что по объему не относится к производственным масштабам. Поэтому гранулирование в лаборатории является экологически безопасным. При работе с тарельчатым гранулятором отвод сточных вод отсутствует за ненадобностью, в результате

чего можно сделать вывод о том, что негативного воздействия на качество окружающей среды не оказывается.

8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

8.4.1 Пожарная и взрывная опасность

Лаборатория относится к взрывоопасному помещению категории Д. К категории Д относятся помещения, связанные с обработкой несгораемых веществ и материалов в холодном состоянии.

Пожарная безопасность в лаборатории обеспечивается системой предотвращения пожара путем организационных мероприятий и технических средств, обеспечивающих невозможность возникновения пожара, а также системой пожарной защиты, направленной на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара и ограничения ущерба от него.

Опасными факторами пожара является открытый огонь и искры, повышенная температура воздуха и предметов, пониженная концентрация кислорода в воздухе, обрушение и повреждение зданий, установок, а также взрывы.

Система пожарной защиты предусматривает следующие меры:

- предотвращение распространения пожара за пределы очага;
- применение конструкций производственных объектов с регламентированным пределом их огнестойкости и горючести;
- эвакуацию людей в случае пожара;
- применение средств индивидуальных и коллективных средств защиты от огня;
- применение средств пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре;
- организацию пожарной охраны объекта.

На блочном щите управления из средств пожаротушения находятся пенные, порошковые и водные огнетушители.

При работе на участке водоочистки необходимо следить за тем, чтобы вода не попадала на электропроводку и распределительные коробки, так как это может привести к короткому замыканию и пожару.

Все переходы должны быть свободными и иметь, по крайней мере, хотя бы два выхода, не должно быть длинных тупиковых проходов.

Все двери и все ворота для машин должны открываться наружу. Здание иметь оконные перелеты, которые располагаются, как правило, в одной плоскости с внутренней поверхностью стен. В зданиях должны быть предусмотрены вытяжные шахты для дымоудаления.

Для оказания первой помощи в лаборатории всегда должны быть:

1. бинты;
2. гигроскопическая вата;
3. 3%-ый раствор йода;
4. 2%-ый раствор борной кислоты;
5. 2%-ый раствор уксусной кислоты;

8.4.2 Безопасность при чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации (ЧС) - совокупность таких обстоятельств, которые сопровождаются разрушениями, поражениями людей, изменением экологической обстановки.

К чрезвычайным ситуациям относятся: производственные аварии, стихийные бедствия, военные конфликты.

В условиях ЧС необходимо знать правила поведения во избежание паники и несчастных случаев.

При возникновении аварии необходимо, в первую очередь, отключить все электроприборы и рубильники, в данном случае отключить гранулятор от сети и рубильник.

При возникновении пожара необходимо отключить гранулятор от сети, вентиляцию, убрать огнеопасные предметы в безопасное место, одновременно, по возможности, ликвидировать очаг.

Средства тушения применять с учетом того, что является источником пожара.

Для тушения горячей одежды использовать воду, для горящих электроустановок - углекислые огнетушители, для тушения воспламененных установок, закрепленных штативом - асбестовое одеяло.

Стихийные бедствия - ураганы, наводнения, землетрясения предотвратить нельзя, поэтому, отключив электричество в здании, его необходимо покинуть или спуститься в подвальное помещение (бомбоубежище).

При возникновении военного конфликта нужно эвакуировать из здания людей или спуститься в подвал (бомбоубежища).

Эвакуационные пути - это пути, ведущие к эвакуационным выходам. Наиболее распространенными путями эвакуации являются проходы, коридоры, фойе и лестницы.

Самое главное - при любой чрезвычайной ситуации сохранять спокойствие и не забывать отключить электроэнергию и электроприборы. Иначе, это приведет к ещё большим разрушениям.

При поступлении сигнала об угрозе нападения противника все работники лаборатории должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты, после чего должны удалиться в убежище согласно плану эвакуации из помещения [28].

8.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Законодательство РФ об охране труда основывается на Конституции РФ и состоит из федерального закона, других федеральных законов и иных нормативных правовых актов субъектов РФ. Среди них можно выделить федеральный закон “Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний”. Для реализации этих законов приняты Постановления Правительства РФ “О

государственном надзоре и контроле за соблюдением законодательства РФ о труде и охране труда”, “О службе охраны труда”, “О Федеральной инспекции труда” и др. [31].

Управление охраной труда осуществляет блок федеральных органов исполнительной власти, руководимый Министерством здравоохранения и социального развития Российской Федерации (Минздравсоцразвития). Оно осуществляет функции государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере здравоохранения и социального развития, социального страхования, условий и охраны труда и т. д.

Функции по контролю и надзору, которые ранее осуществлялись Санэпиднадзором Минздрава России, переданы Федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор).

Федеральная служба по труду и занятости (Роструд) осуществляет функции по надзору и контролю в сфере труда, а также государственный надзор и контроль за соблюдением, в частности, трудового законодательства и нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права; установленного порядка расследования и учета несчастных случаев на производстве.

Федеральное агентство по здравоохранению и социальному развитию (Росздрав) организует деятельность по установлению связи заболевания с профессией, государственной службы медико-социальной экспертизы и др.

Федеральная служба по надзору в сфере здравоохранения и социального развития (Росздравнадзор) осуществляет контроль за порядком организации осуществления медико-социальной экспертизы; порядком установления степени утраты профессиональной трудоспособности в результате несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний и др.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) — государственный санитарно-

эпидемиологический надзор за соблюдением санитарного законодательства; организует деятельность системы санитарно-эпидемиологической службы РФ.

В федеральном законе “О пожарной безопасности” (1994) определяются общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в России, дается регулирование отношений между органами государственной власти, органами местного самоуправления, предприятиями, организациями, крестьянскими хозяйствами и иными юридическими лицами независимо от форм собственности [32]. Федеральный закон “О промышленной безопасности опасных производственных объектов” (1997) определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен на предупреждение аварий на опасных производственных объектах и обеспечение готовности организаций к локализации последствий аварий.

Федеральный закон “О радиационной безопасности населения” (1995) характеризует правовые основы обеспечения радиационной безопасности населения в целях охраны его здоровья.

Список используемой литературы

1. Influence of gathering elements in plate granulator of the course of the process. Roman HEJFT, Tomasz LESZCHUK – Department of Food and Agricultural Technology\Please cite as: CHEMIC 2012 66, 5, 370-375.
2. <http://macp.web.tstu.ru/main08.html> Интернет версия учебного пособия по дисциплине "Машины и аппараты химических производств".
3. В.Н. Кочетков/ Гранулирование минеральных удобрений/Москва, 1975 год, 224 с.
4. П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов/ Конструирование и расчет узлов и деталей машин, 2005 год, 444 с.
5. Чернавский С.А. Курсовое проектирование деталей машин/ "Альянс" Учебное пособие. Издание третье, стереотипное, 2005 - 416с.
6. ГОСТ 8479-70 Поковки из конструкционной углеродистой и легированной стали. Общие технические условия.
7. www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=87 / Сталь 45, гост, характеристики.
8. ГОСТ Р 52857.1-2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования.
9. Э.А. Васильцов, В.Г. Ушаков. Аппараты для перемешивания жидких сред. Справочное пособие. Ленинград, 1979 год, 272 с.
10. Р.Д. Бейзельман, Б.В. Цыпкин, Л.Я. Перель. Подшипники качения. Справочник, изд 6-е исправленное и доп-е. Москва, 1975 год, 572 с.
11. В.М. Беляев, В.М. Миронов. Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли. Часть 2, толстостенные сосуды и аппараты, 2-е изд. исправленное и доп-е. Томск, 2013 год, 163 с.
12. www.stroy-technics.ru/article/valy-osi-i-podshipniki Валы, оси, подшипники.
13. http://www.s-metall.com.ua/stal_45.html Сталь 45, техниические характеристики.

14. Д.Н. Решетов. Детали машин, 4-е изд., перераб-е и доп-е. Москва 1989 год, 496 с.
15. В.И. Анурьев. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х томах.: Т.2.-8-е изд., перераб. и доп. Под ред. И.Н. Жестковой.- М.: Машиностроение, 2001.-912 с.
16. В.А. Литвинова, Г.Н. Гаращук, методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Детали машин и основы конструирования» Томск, 2015 год, 39 с.
17. В.Е. Кулаев, учебное пособие по дисциплине: «Детали машин и основы конструирования раздела «Муфты механические для соединения валов». Ставрополь, 2014 год, 46 с.
18. www.razvitie-pu.ru/?page-id=4121 Технический справочник.
19. <http://meganorm.ru/Data2/1/4293831/4293831993.htm>, мешалки, типа, параметры, конструкция, основные размеры и технические требования
20. Лацинский А.А., Толщинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Справочник. – Л.: Машиностроение, 1970.
21. Генкин А.Э. Оборудование химических заводов. – М.: Высшая школа, 1986.
22. Криворот А.С. Конструкция и основы проектирования машин и аппаратов химической промышленности. – М.: Машиностроение, 1986.
23. Патент РФ 2491985, Тарельчатый гранулятор с активатором, Миллер Екатерина Сергеевна, Попов Александр Анатольевич, Попов Анатолий Михайлович, Сарафанов Александр Александрович
24. Основы теоретической механики, Голубев Ю.Ф., 2000 год, 719 с.
25. С.П. Тимошенко. Пластины и оболочки, изд. второе, стереотипное. Москва, 1966 год, 636 с.
26. <http://www.stresscalc.ru/> Характеристики металлов.
27. http://www.bmstu.ru/~rk3/okdm/m_dz/SvarSoed.htm Сварные соединения. Общие требования.

СПИСОК НАУЧНЫХ ТРУДОВ
Натарова Николая Владимировича

№	Наименование научного труда	Рукописн. или печ.	Издательство, журнал (номер, год)	Номер стр.	Кол-во стр.	Фамилии соавторов
1	Исследования физико-механических характеристик золы ТЭЦ ОАО "ППГХО" (г. Краснокаменск)	Печ.	Проблемы геологии и освоения недр: труды XIX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 70-летнему юбилею Победы советского народа над фашистской Германией, Томск, 6-10 апреля 2015 г.	279 - 281	3	А.П. Полторанина, Н.В. Натаров

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Development of a pellet granulator with an activator for granulating dispersed materials

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4КМ61	Натаров Николай Владимирович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тихонов Николай Викторович	к.т.н		

Консультант-лингвист Отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Игна Ольга Николаевна	к.п.н.		

1 Literary review

For the convenience of transportation, as well as for dosing and sorting of loose powder substances and large pieces of material, granulation is most often used. That is, from a powdered material, particles of a certain size form which are capable of retaining their shape, or large pieces of material are crushed into smaller specific sizes. This process for powdered materials can consist of two methods. The first method consists in that the molecules of the powdered product form granules without any catalyst. The second method, in turn, is that the powdered products form granules due to the forces that bind the molecules of the given product. Forces appear due to the presence of a connecting substance, most often they are simple water [1].

But it is worth noting that the processes of granulation are quite diverse not only in terms of implementation methods, but also in hardware design.

For example, agglomeration of powdered materials is carried out by the following methods:

- Pressing on roller presses with subsequent crushing of the pressed material.
- Uniform and gradual moistening of the material with a parallel process of pelletization of the resulting agglomerates in the ammonizer-granulator (AG), pellet and drum type granulators, vane and screw mixers.
- By spraying a pulp or mortar onto the surface of solid powdery particles followed by crystallization in a drum granulator dryers (BHC), ammonizer-granulators with an internal retur and a fluidized bed.
- Reconstruction of a moistened mixture of heated powdery materials with a low-melting component by means of extruders and through a matrix, followed by drying and cooling of the granular product [2].

It is also very common to use a granulation method such as solidification of melt drops during crystallization, but such granulation is carried out by spraying a melt of droplets of the desired and initially specified size in the hollow granulation towers, followed by cooling with air, and also spraying these droplets directly

above the liquid surface with subsequent continuous cooling in the layer of this liquid [2].

As for the granulation of large solid materials, it's much easier with them. Such materials are simply crushed and of the desired size in roller or motorized crushers or disintegrators.

But in more detail we will consider the granulation of powder granulators using a binding agent, and also we will determine the development prospects in this industry.

The spectrum of the hardware design for this granulation method is quite wide, for example, for disk granulation of the most complex and also simple powder products, the disk or so-called pellet granulator is most often used.

For a larger production of granules, a drum granulator is used. Well and for granulation of mineral fertilizers the screw-granulator is applied. Given examples of hardware design is far from all, there are also a number of other devices for granulation, which, in turn, are used for a certain type of materials and for certain purposes. Also it is worth considering that all the devices have their pluses and minuses. That is, as already said, to achieve certain granulation goals, for the need to obtain certain properties of granules, etc. Granulators should be selected according to their required characteristics.

Next, we will dwell on granulator type granulators, which are intended for obtaining granules from powdered materials by the method of rolling using a liquid binder.

Granulators consist of a frame on which a rotating frame is fixed. On the turntable there is a circular propeller with a drive, the frame is rotated from a separate drive. Granulators are equipped with a device for feeding a bundle, as well as tapping the finished product - granules [1].

In our case, the laboratory granulator, accordingly, does not make sense to carry out any supply of raw materials, and also to close the disk from dust formation. All these operations are carried out with their own hands, since they do not require a lot of time and special skill. The productivity of this pelletizer is

small, since its purpose in our laboratory is granulation of starch for further research, which implies small volumes in terms of productivity.

In our time, the pellet granulators have grown of great interest, since this pelletizer has several advantages over its "brethren". The main advantage of this device is that the output is sufficiently homogeneous granulometric composition, as well as reducing the supply of the rath due to segregation of granules in size on the surface of the bottom of the plate. Due to this, granules are more durable, and in shape are close to spherical, which is also very important [3, p.142].

The second significant advantage of a disk granulator is that it is convenient to observe and also control the granulation process, which makes it possible to quickly eliminate any deviations from the predetermined regime.

It is also possible to distinguish other positive qualities of the pellet granulator, for example, its relatively low cost, simplicity and reliability in operation, combining the process of granulation and separation, as well as the possibility of granulating difficult and highly soluble fertilizers.

But, like any other equipment, the pellet granulator has a number of drawbacks:

- Greater sensitivity to the content of the liquid phase in the granulated mixture, therefore, narrow operating limits are observed.
- There is a significant fluctuation in the technological regime, as well as the release of granules of a given size.
- There is a significant dependence of the performance of the granulator on the diameter of the disk, that is, with the increase in diameter, the design of the apparatus becomes much more complicated [3, p.142].

The formation of pellets on the pelletizer starts when a binder is added in parallel to the feed of the feed to humidify the dry feed. Continuing these processes is run-in already moistened raw materials on the bottom of the pellet granulator. Under the influence of forces such as frictional force, gravity and centrifugal force, there is a close fit of the material to the bottom and sides of the plate, and, of course, prevents slipping of the raw material [3, p.143]. As a result, the

agglomerates formed are located somewhat above the finely dispersed substance, along which they slope downward at an angle of the natural inclination.

It should be noted that in the process of continuous movement, the granules are gradually compacted by rolling on the fine material. Hence it can be seen that the productivity of the granulator directly depends on the length of the trajectory of motion of the granule all over the same finely dispersed substance in the pellet of the granulator. That is, the length of the trajectory is proportional to the diameter of the disk of the granulator. But do not forget that a significant increase in the diameter of the disk granulator leads to an increase in the dimensions of the device itself, which significantly complicates the design of all equipment for granulation. As a consequence, increasing the diameter of the plate is not a rational solution to this problem. A more reasonable way out of this situation is to increase the useful surface of the disk. By varying the rotation speed of the plate and reducing the angle of its inclination to the horizontal plane, it is possible to ensure that the granulated raw material rises to a greater height than before, and therefore the coverage of the contact area of the material with the bottom of the plate will be much larger, that is, . To increase the used area of the dish, granulators are proposed, having several coaxial edges of equal height. The initial components in the form of a powder are fed to the surface of the zone bounded by the first rim and swirl there, gradually pouring into the adjacent zone. Thus, pouring from one ring zone to another and pelletizing into them, the granules reach their finite dimensions [3, p.143].

The angle of inclination of the plate is not the only factor on which the granulation process depends. It should also highlight the most significant parameters that should be observed when granulating the material to achieve the desired granulometric composition of the mixture. These parameters include, first and foremost, the physical and chemical properties and moisture content of the granulated material, the angle of inclination, as already noted, the rotation speed and the height of the side of the plate, the accuracy of dosing, the places of supply of the initial material and moisture to the plate, the dispersion of the drops of

moisturizing solution and the wetting area of the used raw materials in a plate, etc. One of the significant factors affecting the process of pellet formation is the moisture content of the material. Figure 1 shows the dependence of the average diameter of granules on their moisture content [3, p.144].

The minimum point on the curve $d_{sp} = f(W)$ shows the transition from one mechanism for the granulo-uniform rolling of the material to the other, the granule formation by agglomeration and rolling. The above dependence describes the fact that under the same granulation conditions it is possible to obtain particles of different structures, but of the same size for two moisture values (W). In this case, the steep rise of the branches of the curve $d_{cp} = f(W)$ indicates a significant influence of the moisture of the raw material used on the size of the granules, and the accuracy of maintaining this parameter on the degree of product homogeneity.

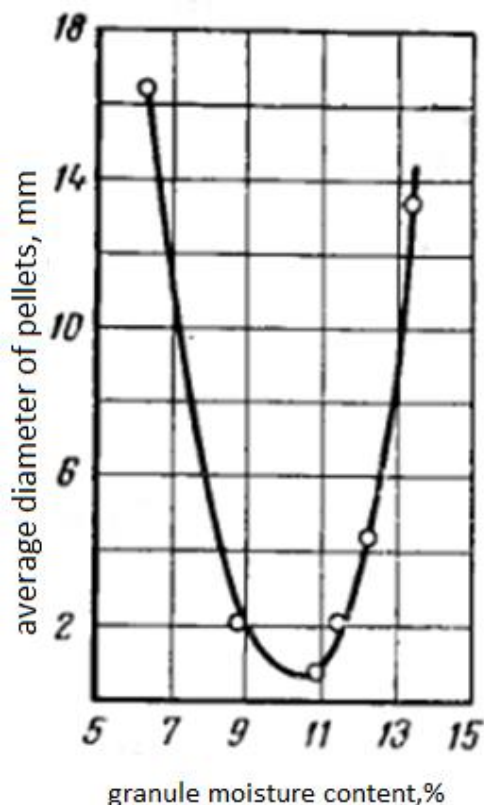


Figure 1 - Dependence of the average diameter of the resulting granules on their moisture content

However, it should be noted that the process of granule formation is most sensitive to the change in moisture content of the material only in the region above

the minimum point, and in the region of the minimum point itself is the least sensitive. Humidity fluctuation within 1% is permissible, which does not significantly change the normal operation of the apparatus, nor does it change the homogeneity of the product at the outlet. Because of this, the optimal mode of granulation should be considered the regime in which the moisture that ensures the production of granules of the correct size corresponds to a minimum on the curve $d_{cp} = f(W)$.

The form of the dependence remains unchanged even when the incidence angle (α) of the disk granulator varies from 40 to 50°. The influence of the angle of inclination of the disk granulator on the lower limit of the particle size with the constant circumferential velocity of the movement of the plate is shown in Fig. 2 [3, p.144]. Here we observe that an increase in the angle of inclination of the bowl facilitates the movement of the minimum point, and, as a consequence, the optimal granulation regime in the region of obtaining the smallest granules. At an angle of inclination of the bowl more than 45°, the displacement of the corresponding minimum moisture point of the granulate also decreases.

To ensure process stability in modes that do not correspond to the minimum point on the curve $d_{cp} = f(W)$, a very high accuracy ($\pm 0.1\%$) of dosing of the moisturizing solution is required. Under these conditions, the effect of the slope of the dish on the size of the granules is characterized by the curves shown in Fig. 3 [3, p.145].

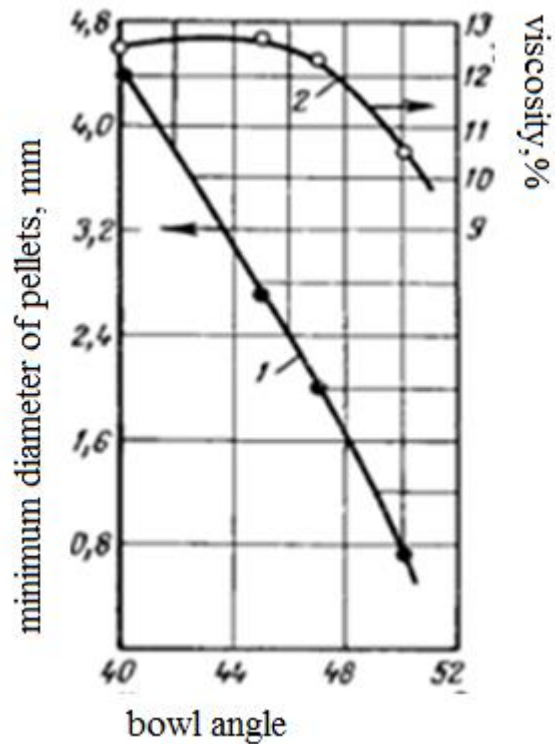


Figure 2 - Dependence of the minimum diameter of the resulting granules (curve 1) and the corresponding humidity (curve 2) on the angle of inclination of the bowl

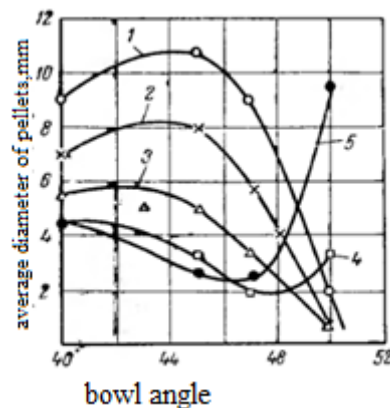


Figure 3 - Dependence of the average diameter of the resulting granules on the angle of inclination of the bowl with different granule moisture: 1 9%; 2 10%; 3 11%; 4 12%; 5 13%

However, due to the increased stickiness of the food masses, the material will adhere to the separating device and, as a consequence, the separating device will not efficiently separate the granules of the desired size.

A disk granulator with an activator comprising a housing in which an inclined plate, a disk drive, is mounted rotatably, an activator with a drive is

inserted. The activator is installed perpendicular to the bottom of the plate with a clearance relative to the bottom and the side of the plate 5-10 mm. The activator is located in the zone where the largest granules and aggregates aggregate. The impact of the activator blades, on the one hand, leads to the destruction of large granules and aggregates, and on the other hand, initiates the granulation in the starting material. The drive of the activator's rotation is adjustable (according to the rotation frequency), which makes it possible to actively influence the granulation process, in particular, the size of the resulting granulate.

However, there is a violation of the material rolling regime and the process of granule segregation associated with it, which in turn will not ensure effective production of granules of the specified size, shape, density, humidity. It is an object of the present invention to provide a pelletizer in which, due to the modernization of the activator element, the granulation time is shortened, the yield of the 0.75-10 mm fraction granules that are uniform in quality (shape and density) is increased, and the moisture content of the granulate is reduced.

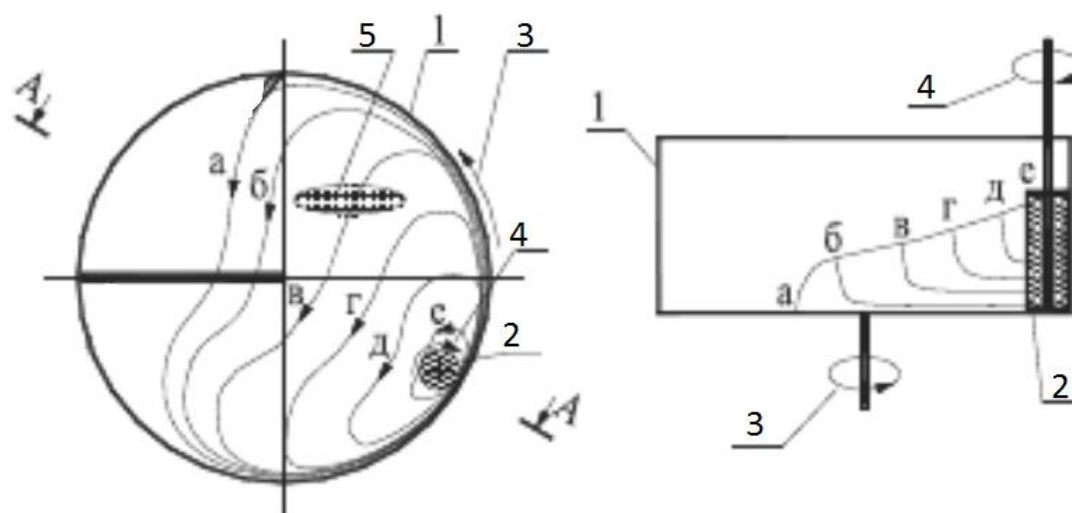


Figure 4 - Diagram of a pellet granulator with an activator indicating the conditional movement trajectories of the granules and the activation zone of the activator:

1 - a plate; 2 - activation zone; 3 - direction of rotation of the plate; 4 - direction of rotation of the activator of granules as they grow; 5 - zone of liquid spraying; a - trajectory (conditional) of the

movement of the source material; b, c, d, d - trajectory of the motion of the granules as they grow; e is the trajectory of the movement of the largest granules

The accumulated work experience and the results of the research of the process (partially discussed above) in granulators with bowls of different diameters show that the regime is of paramount importance in order to ensure optimal conditions for granule formation; humidification and selected moisture content of the material (which depends on the properties of the granulated mixture, medium size and other factors), as well as the residence time of the material on the tray and the operating conditions of the apparatus (cymbal design, angle of inclination, rotation frequency, etc.) [3, p.148].