Пояснительная записка

к курсовому проекту на тему: **«Расчет и проектирование циклона для очистки от зерновой пыли»**

**Содержание**

Введение

1. Общая характеристика методов очистки воздуха

1.1 «Сухие» механические пылеуловители

1.2 «Сухие» пористые фильтры

1.3 Электрофильтры

1.4 Аппараты «мокрого» пыле- и газоулавливания

1.5 Циклон ЦН-15У

2. Общая характеристика производства

2.1 Созревание и послеуборочное дозревание зерна

2.2 Сушка зерна в зерносушилке

2.3 Помол зерна

3. Расчет циклона

Заключение

Использованная литература

**Введение**

Интенсивное развитие хозяйственной деятельности людей, деградация природных экосистем, приводят природу к состоянию кризиса, грозящего экологической катастрофой. Поэтому перед человечеством встала задача рационального природопользования в сочетании с эффективным снижением отрицательного воздействия промышленного производства на биосферу.

Антропогенные воздействия на биосферу многообразны и в последние годы приближаются к критическому допустимому. Среди них особо негативны воздействия на атмосферу:

- выбросы многообразных антропогенных веществ и других видов загрязнений;

- выбросы тепла, влияющие на нагрев атмосферы и изменение ее радиационных параметров, в особенности приземных слоев, в которых существуют люди, животные, растения.

Разумное решение экологической проблемы возможно только при условии естественного сочетания научно-технического прогресса с многогранными аспектами защиты биосферы, экосферы, что должно быть в основе развития и создания действующих и новых производств и источников энергии.

Необходим ряд специальных требований к созданию современных промышленных производств:

- создание теоретических основ химической технологии, обеспечивающих высокий уровень комплексной переработки сырья, позволяющих достичь высоких степеней химических превращений и глубокого, экономически обоснованного извлечения целевых компонентов и вредных из отбросных потоков;

- глубокое и экономичное использование высоко- и низкопотенциального тепла при сжигании топлива и химических превращениях;

- освоение новых методов и аппаратуры, обеспечивающих создание замкнутых энергетических циклов;

- освоение новых методов и аппаратуры, обеспечивающих создание замкнутых водооборотных циклов;

- необходимость разработки методов и аппаратуры для специфических условий очистки отбросных газовых потоков, утилизации, хранения или уничтожения жидких и твердых отходов;

- создание техники для новых природоохранных процессов - опреснение сточных вод, гидротермальный синтез природного сырья, проведение процессов в защитных средах и др.

Комплексное решение экологических проблем возможно лишь при гармонических взаимоотношениях общества, техники и природы. Экологически современные производства, решающие задачи рационального использования и воспроизводства природных ресурсов, - будущее всех промышленных комплексов.

Целью данной курсовой работы является расчет и проектирование циклона для очистки от зерновой пыли в технологии производства дрожжей.

Для очистки воздуха от пыли я выбрал аппарат Циклон-ЦН15У, так как он обладает следующим рядом преимуществ:

- низкая стоимость;

- долговечность;

- незначительное ремонтное обслуживание;

- небольшое падение давления;

- коэффициент очистки 60-90%.

**1. Общая характеристика методов очистки воздуха**

**1.1 «Сухие» механические пылеуловители**

Их условно делят на три группы:

- пылеосадительные камеры, принцип работы которых основа на действии силы тяжести (гравитационной силы);

- инерционные пылеуловители, принцип работы которых основан на действии силы инерции;

- циклоны, батарейные циклоны, вращающиеся пылеуловители принцип работы которых основан на действии центробежной силы.

*Пылеосадителъная камера* представляет собой пустотелый или с горизонтальными полками во внутренней полости прямоугольный короб, в нижней части которого имеется отверстие или бункер для сбора пыли

Скорость газа в камерах составляет 0,2-1,5 м/с, гидравлическое сопротивление 50-150 Па. Пылеосадительные камеры пригодны для улавливания крупных частиц (размером не менее 50 мкм). Степень очистки газа в камерах не превышает 40 - 50 %.

Перегородки в *инерционных пылеуловителях* устанавливают для изменения направления движения газов. Газ в инерционный аппарат поступает со скоростью 5- 15 м/с. Пылевые частицы, стремясь сохранить направление движения после изменения направления движения потока газов, осаждаются в бункере. Эти аппараты отличаются от обычных пылеосадительных камер большим сопротивлением и высокой степенью очистки газа.

Большое внимание при проектировании пневмотранспортных и других устройств пылеочистки необходимо уделять узлам отделения материала от транспортирующего воздуха - разгрузочным и пылеулавливающим устройствам (циклонам, фильтрам и т.п.).

Предпочтение отдается центробежным циклонам, выполняющим одновременно и роль пылеулавливающего аппарата. Эффективность улавливания пыли в циклонах повышается с уменьшением диаметра корпуса, но при этом снижается их пропускная способность. Для обеспечения соответствующей производительности пневмотранспортной установки небольшие циклоны группируют в батарею, коэффициент пылеулавливания которой составляет 0,76 - 0,85 и несколько повышается с увеличением входной скорости (с 11 до 23 м/с). Использование вместо циклонов *вихревых пылеуловителей* обеспечивает улавливание частиц пыли размером 5 - 7 мкм.

Воздух после разгрузочных устройств или циклонов, насыщен! ный субмикронными частицами, должен направляться на доочистку в пылеуловители, характеризуемые:

степенью пылеулавливания - отношением количества пыли задержанной пылеуловителем, к количеству пыли в очищаемом запыленном воздухе;

сопротивлением пылеуловителя, определяющим экономичности процесса пылеулавливания;

габаритными размерами и массой, надежностью и простотой обслуживания.

Циклоны рекомендуется использовать для предварительной очистки газов и устанавливать перед высокоэффективными аппаратами (например, фильтрами или электрофильтрами) очистки.

Основные элементы циклонов - корпус, выхлопная труба 6,бункер 7. Газ поступает в верхнюю часть корпуса через входной патрубок 5, приваренный к корпусу тангенциально. Улавливание пыли происходит под действием центробежной силы, возникающей при движении газа между корпусом и выхлопной трубой. Уловленная пыль ссыпается в бункер, а очищенный газ выбрасывается через выхлопную трубу.

В зависимости от производительности циклоны можно устанавливать по одному (одиночные циклоны) или объединять в группы из двух, четырех, шести или восьми (групповые циклоны).

Конструктивной особенностью батарейных циклоновявляется то, что закручивание газового потока и улавливание пыли в них обеспечивается размещенными в корпусе аппарата циклонными элементами.

**1.2 «Сухие» пористые фильтры**

Для очистки запыленных газов все большее распространений получает на последних ступенях сухая очистка рукавными фильтрами*.* Степень очистки газов в них при соблюдении правил техни-1 ческой эксплуатации достигает 99,9 %.

Классификация рукавных фильтров возможна:

по форме фильтровальных элементов (рукавные, плоские, клиновые идр.) и наличию в них опорных устройств (каркасные, рамные);

месту расположения вентилятора относительно фильтра;

способу регенерации ткани (встряхиваемые, с обратной, с импульсной продувкой и др.);

наличию и форме корпуса для размещения ткани - прямоугольные, цилиндрические, открытые (бескамерные);

числу секций в установке (одно- и многокамерные);

виду используемой ткани (например, стеклотканевые).

В качестве фильтровальных материалов применяют ткани из природных волокон (шерстяные, редко хлопчатобумажные), из синтетических (нитроновые, лавсановые, полипропиленовые и др.), а также стеклоткани. Наиболее распространены лавсан, терилен, дакрон, нитрон, орлон, оксалон, сульфон. Последние два материала представляют полиамидную группу волокон, обладающих термостойкостью при 250 - 280 °С. Для фильтровальных тканей наиболее характерно саржевое переплетение. Применяют также нетканые материалы - фетры, изготовленные свойлочиванием шерсти и синтетических волокон.

Нагнетательный рукавный фильтрработает следующим образом. Воздух под давлением поступает в верхнюю распределительную коробку, а оттуда - в матерчатые вертикальные рукава. Пройдя через рукава и оставив на их внутренней поверхности пыль, очищенный воздух выходит в атмосферу (помещение). Подвижная рама с проволочной сеткой при подъеме и опускании сжимает рукава в поперечном сечении, благодаря чему пыль сбрасывается в пылесборник и удаляется винтовым конвейером. Недостаток таких фильтров - неудовлетворительная очистка фильтрующей ткани, в результате чего значительно возрастает сопротивление фильтра и снижается его КПД.

Наибольшее распространение получил всасывающий рукавный фильтр,рукава которого заключены в герметичный шкаф. Подлежащий очистке воздух подается через нижнюю приемную коробку в рукава, заглушённые сверху, проникает сквозь ткань рукавов в шкаф, удаляется из него через канал. Рукава фильтра очищаются от пыли с помощью специального встряхивающего механизма. Недостатком всасывающих фильтров является значительный подсос воздуха (10- 15 % объема поступающего на очистку) через неплотности.

Отечественной промышленностью выпускаются фильтры рукавные: с импульсной продувкой (ФРИ), каркасные импульсные (ФРКИ), заводы-изготовители ОАО «СФ НИИОГАЗ», ЗАО «Кон-дор-Эко»; циклонные РЦИЭ, РЦИРЭ и РЦИЭК, завод-изготовитель ОАО «Дзержинскхиммаш» и другие, например, ФРЦИ-30, ФРИА-900 по спецзаказу.

Преимущественное развитие получили ФРКИ. Скорость фильтрования в них на 20 - 30 % выше, чем в фильтрах с механической регенерацией и обратной продувкой. При эффективной регенерации короткими (0,1 - 0,2 с) импульсами меньше изнашиваются рукава, гидравлическое сопротивление поддерживается на уровне 1,0-1,5 кПа.

Фильтры рукавные состоят из корпуса с раздельной рукавной плитой, фильтровальных элементов, клапанных секций с раздающими трубами для обеспечения регенерации рукавов импульсами сжатого воздуха. В процессе фильтрации запыленный газ проходит через ткань закрытых снизу рукавов внутрь, выходит через верхний коллектор и удаляется из аппарата.

Каждый рукав в фильтре натянут на жесткий каркас и закреплен на верхней решетке (плите).

Фильтры могут быть с входом газа: центральным; боковым; через бункер; со щелевым и с пирамидальными бункерами.

**1.3 Электрофильтры**

Метод электроосаждения (улавливания пыли в электрическом поле) заключается в следующем. Частицы пыли (или капельки влаги) сначала получают заряд от ионов газа, которые образуются в электрическом поле высокого напряжения, а затем движутся к заземленному осадительному электрозаряду. Попав на заземленный уловитель, частицы прилипают и разряжаются. Когда осадительный электрод обрастает слоем частиц, они стряхиваются под воздействием вибрации и собираются в бункере. Схема электрического осаждения пыли представлена на рис. 1.4.

**1.4 Аппараты «мокрого» пыле- и газоулавливания**

При очистке газов от частиц пыли и переработке газообразных отходов успешно применяют мокрое пылеулавливание, сухую и последующую мокрую очистку.

Развитая поверхность контакта фаз способствует увеличению] эффективности пылеулавливания. В промышленности используют мокрые пылеуловители капельного, пленочного и барботажного типов. Конструктивно аппараты могут быть полыми, тарельчатыми, механического и ударно-инерционного действия, а также скоростного типа (трубки Вентури и другие инжекторы).

Необходимо стремиться к созданию мокрых промывателей с минимальным гидравлическим сопротивлением, работоспособных при низких расходах воды. Эффективность очистки пыли зависит от размеров улавливаемых частиц и от других свойств пыли. Необходимость концентрирования системы жидкость - твердое тело с возвратом очищенной воды на пылеулавливание, накопление в орошаемой жидкости растворимых компонентов пыли, усложняет систему мокрого пылеулавливания.

Скрубберы (газопромыватели).При объемно-жидкостном способепоток запыленного газа пропускают через определенный объем жидкости. Для этой цели используют пенные пылеуловители с провальными тарелками или тарельчатые скрубберы, эффективность которых может достигать 90 -95%.

Для очистки или обезвреживания газообразных отходов или технологических газов с целью извлечения из них сопутствующих (полезных) газообразных компонентов широко используют метод абсорбции. Абсорбция основана на непосредственном взаимодействии газов с жидкостями. Выделяют физическую абсорбцию, основанную на растворении газа в жидкости, и хемосорбцию, в основе которой лежит химическая реакция между газом и жидким поглотителем.

Абсорбционной очистке подвергают газообразные отходы, содержащие один или несколько извлекаемых компонентов. В зависимости от используемого абсорбента и его селективности можно выделить либо один компонент, либо последовательно несколько. В результате абсорбции получают очищенный газ и насыщенный раствор, который должен быть легко регенерируемым с целью извлечения полезных газов и возвращения его на стадию абсорбции.

Требования, которым должна удовлетворять абсорбционная аппаратура, вытекают из физического представления явлений массопереноса в системах газ-жидкость. Процесс массопереноса протекает на поверхности раздела фаз, и в конструкциях аппаратов необходимо ее максимально развивать. [2].

**1.5 Циклон ЦН-15У**

Циклоны предназначены для сухой очистки газов от невзрывоопасной не слипающейся пыли. Циклон ЦН применяют также для очистки воздуха в различных отраслях промышленности. При использовании циклонов для очистки газа или воздуха, содержащую абразивную пыль, рекомендуется предусматривать в местах, подвергающихся износу приварку стальных дополнительных листов с наружной стороны.

Циклоны с диаметром менее 800 мм из-за повышенного износа не следует применять для улавливания абразивной пыли. Циклоны устанавливают как на всасывающей, так и на нагнетательной стороне вентилятора. При абразивной пыли циклоны рекомендуется ставить перед вентилятором.

Коэффициент гидравлического сопротивления для одиночного циклона, отнесенный к скорости движения воздуха в горизонтальном его сечении с учетом поправки на запыленность, составляет 147. Допустимую запыленность очищаемого газа, г/м3, для слабослипающейся пыли следует принимать не более 1000, а для среднеслипающихся – не более 250. температура газа принимается не более 4000С, а максимальное давление не более 5кПа. [6].

**2. Общая характеристика производства муки**

Зерно – важнейший продукт сельского хозяйства. Оно служит основным источником питания человека, кормовой базой продуктивного животноводства и сырьем для технического производства. Зерновые продукты являются основными продуктами питания в силу присущих им отличительных свойств: способности синтезировать большое количество сухих веществ (около 85% всей массы), сохраняться в обычных условиях в течении нескольких лет без существенного изменения свойств, высокой транспортабельности. По количеству питательных веществ (белки, углеводы, минеральные вещества и витамины группы В) продукты переработки зерна (мука, крупа, хлеб, макаронные изделия) составляют около 1/3 рациона питания человека, обеспечивая более половины энергетической ценности суточного рациона.

**2.1 Созревание и послеуборочное дозревание зерна**

Сущность процесса созревания зерна состоит в том, что растворимые в воде низкомолекулярные вещества, образовавшиеся в зеленых листьях и стеблях, перемещаются в зерно. Сахара, находившиеся в зерне на его ранних стадиях созревания, превращаются в крахмал и гемицеллюлозу, из свободных аминокислот синтезируются белки, идет формирование клейковины. Свежее убранное зерно имеет пониженные семенные и технологические качества. Полная физиологическая зрелость зерна, при которой оно отличается наивысшей всхожестью и энергией прорастания, наступает через некоторое время в процессе его хранения. Этот период называется периодом послеуборочного дозревания. Зерно наиболее быстро дозревает при низкой влажности, температуре 15-30С° и выше и свободном притоке воздуха к семенам. Кислород не только ускоряет этот процесс, но и ведет к удалению диоксида азота образующегося при дыхании зерна и замедляющего эту стадию.

**2.2 Сушка зерна в зерносушилке**

При неблагоприятных условиях хранения процесс послеуборочного дозревания пшеницы требует 1-1,5 месяцев, а при искусственной сушке его можно сократить до 2-3 недель. Для ускорения процесса дозревания применяют зерносушильные аппараты.

Зерносушильный агрегат ДСП-32-ОТ открытого типа предназначен для сушки сырого зерна кукурузы, пшеницы, ржи, ячменя, овса, семян подсолнечника и других зерновых культур.

Зерносушильный агрегат такого типа (рис. 2) состоит из двух параллельно работающих шахт 3 высотой 11,57 м. Каждая из них состоит из семи секций по высоте делится на три зоны: первая зона сушки высотой 4,95 м расположена на верхней части шахты; вторая зона сушки высотой 2,85 м находится в средней части шахты; третья зона является охладительной. Высота одной секции составляет 1,65 м, причем в каждой секции расположено 8 рядов коробов по 16 в каждом ряду. Шахта по высоте имеет пеногасителями сплавного устройства и частично увлекается водой в канал. Примеси из моечной ванны через воронку 8 и патрубок 9 отводятся в сборник. В отжимной колонке под действием центробежной силы и вихревых потоков воздуха влажное зерно прижимается к ситовой обечайке и поднимается лопатками барабана 19 к выпускным патрубкам. Из отжимной колонки зерно поступает на дальнейшую обработку.

**Технологическая схема подготовки зерна к помолу** (см. чертеж) может быть сокращенной или развернутой в зависимости от типа зерновой культуры, ее качества, типа помола и т. д. Для сортового помола пшеницы применяют развернутую схему, которая включает в себя следующие стадии: сушка зерна в зерносушилке, отлежка зерна на складе, взвешивание, магнитный контроль, сепарирование, выделение минеральных примесей на камнеотделительной машине, магнитный контроль, обработку поверхности на обоечных машинах, гидротермическая обработка зерна (аспирационная колонка А1-БКА), увлажнение и мойка зерна, короткая отлежка.

**2.3 Помол зерна**

Помол зерна состоит из двух операций: собственно помола зерна и просеивания продуктов помола. Помолы могут быть разовыми и повторительными.

Разовый помол - наиболее простой, при этом зерно на молотковых дробилках за один прием полностью измельчают в муку вместе с оболочками. Полученная мука отличается низким качеством, имеет темный цвет, неоднородна по размеру частиц. Для улучшения качества муки разового помола из нее путем просеивания отбирают некоторое количество крупных оболочек (отрубей). Разовые помолы имеют ограниченное применение.

Повторительные помолы более совершенны, зерно измельчают в муку путем многократного прохождения через измельчающие машины, при этом после каждого измельчения продукт сортируют в просеивающих машинах.

Основным видом измельчающего оборудования для этих помолов являются вальцовые станки. Два цилиндрических чугунных вальца 2 одинакового диаметра расположены под углом и вращаются навстречу друг другу с разными скоростями. Поверхность вальцов рифленая, зазор между ними устанавливается в зависимости от намечаемой крупноты помола. Исходное зерно через приемную трубу 5 питающим механизмом 3 подается на вальцы 2. Зерно задерживается нижним вальцом, имеющим меньшую скорость вращения, скалывается и растирается рифлями верхнего быстровращающегося вальца.

Чувствительный элемент сигнализатора уровня 4, шторки-датчики 6 и заслонка 7 служит для регулирования подачи зерна. Поверхность вальцов очищается с помощью щеток 1 и ножей 8. Измельченное зерно II удаляется через выпускные конусы 9. Для сортирования продуктов измельчения зерна по размеру частиц после каждого вальцового станка устанавливается рассев с набором сит разных размеров, расположенных друг под другом.

**3. Расчет циклона**

Исходные данные (пыль зерновая):

1) количество очищаемого газа при рабочих условиях Qр = 3800 м3/ч = =1,05 м3/с;

2) плотность газа при рабочих условиях ρг = 1,3 кг/м3;

3) динамическая вязкость газа при рабочей температуре μt = 22,2\*10-6 Па·с;

4) дисперсный состав пыли, задаваемый двумя параметрами dm = 5мкм и lg σч = 0,283;

5) запыленность газа Свх = 10 г/м3;

6) плотность частиц ρч = 1100 кг/м3;

7) требуемая эффективность очистки газа η = 80 %.

Расчет циклонов производится методом последовательных приближений в следующем порядке:

1. Задавшись типом циклона (ЦН-15У), по таблице 2.8 [1] определяем оптимальную скорость газа в аппарате ωопт = 3,5 м/с.
2. Определяем необходимую площадь сечения циклона, м2:



3. Определяем диаметр циклона, задаваясь количеством циклонов N=1, м:



Диаметр циклона округляем до значения, указанного в таблице 2.2 [1].

В данном случае D = 0,5 м.

1. Вычисляем действительную скорость газа в циклоне, м/с:



Скорость газа в циклоне не должна отклоняться от оптимальной более чем на 15%.

В данном случае отклонение составляет 6 %, что допустимо.

1. Принимаем по таблице 2.10 коэффициент гидравлического сопротивления, соответствующий данному циклону: .



К1 - поправочный коэффициент на диаметр циклона, определяемый по таблице 2.11:

К1 = 1;

К2 - поправочный коэффициент на запыленность газа, определяемый по таблице 2.12:

К2 = 0,92;

К3 - коэффициент, учитывающий дополнительные потери давления, определяемый по таблице 2.13:

К3 = 35



1. Определяем потери давления в циклоне, Па:



7. Приняв по таблице 2.8 два параметра, характеризующих эффективность выбранного типа циклона, определяем значение параметра d50 при рабочих условиях (диаметр циклона, скорость потока, плотность пыли, динамическая вязкость газа) по уравнению:



8. Определяем параметр Х по формуле:



9. Определяем по таблице 1.11 значение Ф(*Х*), представляющее собой полный коэффициент очистки газа, выраженный в долях:

Ф (0,66) = 0,497

10. Фактическая степень очистки, %:



Для проектирования и построения циклона необходимы геометрические размеры. Для этого используем табл. 1.13 [2] “Соотношение размеров (в долях внутреннего диаметра)”:

Внутренний диаметр выхлопной трубы d = 0,3 м;

Внутренний диаметр пылевыпускного отверстия d1 = 0,2 м;

Ширина входного патрубка в циклоне (внутренний размер) b= 0,1 м;

Ширина входного патрубка на входе (внутренний размер) b1 = 0,13 м;

Длина входного патрубка l = 0,3 м;

Диаметр средней линии циклона Dср = 0,4 м;

Высота установки фланца hфл = 0,05 м;

Угол наклона крышки и входного патрубка циклона α = 15°;

Высота входного патрубка а = 0,33 м;

Высота выхлопной трубы hт =0,75 м;

Высота цилиндрической части циклона Hц = 0,755 м;

Высота конуса циклона Hк = 0,75 м;

Высота внешней части выхлопной трубы hв = 0,15 м;

Общая высота циклона H =1,71 м.

Таблица 1 - Техническая характеристика Циклона ЦН-15-500 × 1УП

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Типоразмер циклона | Площадь сечения цилиндрической части корпуса (группы корпусов), м2 | Производительность, м3/ч | | Рабочий объем бункера, м3 |
| при V=2,5 м/с | при V=4 м/с |
| ЦН-15-500 **×** 1УП | 0,196 | 1800 | 2800 | 0,32 |

Условное обозначение:

Ц-циклон; Н- конструкция НИИОГАЗа; цифры после тире: первая (500) - внутренний диаметр цилиндрической части циклона (мм); вторая (после знака умножения) - количество циклонов в группе; У - усовершенствованный; П - пирамидальная форма бункера.

**Заключение**

Данный курсовой проект позволил расширить, систематизировать и закрепить знания, полученные при изучении методов очистки выбросов отходящих газов. Все методы очистки отходящих газов от пыли и загрязняющих веществ подразделяются на мокрые и сухие. Процесс пыле- или золоулавливания в мокрых газоочистных аппаратах сопровождается процессами абсорбции и охлаждения газов. Многие аппараты этого класса могут применяться не только для очистки газов от пыли и капель жидкости, но и для очистки от газообразных составляющих, а также для охлаждения газов. К аппаратам сухой инерционной очистки газов относятся пылеосадительные камеры и некоторые из простейших по конструкции пыле- и золоуловителей инерционного действия, жалюзийные аппараты, циклоны в одиночном и групповом исполнении, прямоточные циклоны, батарейные циклоны, ротационные пылеуловители, дымососы-пылеуловители.

В ходе работы были изучены технологии и технологические схемы переработки зерна в муку. Также был выявлен факт загрязнения производственного помещения пылью, причиной которого в технологической схеме является зерноочистительный сепаратор типа ЗСМ. В таких условиях наиболее эффективным способом борьбы с образующейся пылью является – установка очистного оборудования.

Таким образом, была выявлена необходимость установки основного аппарата (циклона), так как он обладает следующим рядом преимуществ:

* низкая стоимость;
* незначительное ремонтное обслуживание
* небольшое падение давления.

В данном курсовом проекте был рассчитан и спроектирован циклон типа ЦН-15 У, фактическая степень очистки, которого составила 82%.

**Использованная литература**

1. Справочник по пыле- и золоулавливанию/М.И. Биргер, А.Ю. Вальдберг, Б.И. Мягков и др.; под общ.ред. А.А. Русанова. – 2 – е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат,1983.

2. Справочник «Основы конструирования и расчета технологического и природоохранного оборудования»/А.С. Тимонин т.1. - Калуга: Бочкарева, 2003.

3. Машины и аппараты пищевых производств/ Антипов С.Т., Кретов И.Т. и др.; под редакцией академика РАСХН В. А. Панфилова./ М.: Высшая школа 2001. Том 1.

4. Технология пищевых производств/ А.П. Нечаев, И.С. Шуб и др., под редакцией А.П. Нечаева./ М.: КолосС 2005.

5. Технология муки, технология крупы/ В.И. Егоров. – издательство Колосс, 2005.

6. Подьемно-транспортные машины зерноперерабатывающих предприятий/ Ф.Г. Зуев, 1985