

Новосибирский ГАУ
Инженерный институт

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ
ПРОДУКЦИИ**

**Методические рекомендации
для выполнения курсовой работы**

Новосибирск 2022

УДК 658.51

Рецензент: канд. техн. наук, проф. В.В. Коноводов

Технологического оборудования для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции: метод. рекомендации для выполнения курсовой работы / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инж. ин-т; сост.: А.К. Туров, А.А. Мезенов, Е.А. Пшенев. – Новосибирск, 2022. – 41 с.

В методических рекомендациях изложены общие основы выполнения курсовой работы. Рассмотрены вопросы тематики, структуры и содержания разделов работы, далее рекомендации по оформлению расчетно-пояснительных записок и графической части.

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.06.03 Агроинженерия, профиль Технологическое оборудование для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции

Утверждено и рекомендовано к изданию методическим советом Инженерного института (протокол №3 от 25 октября 2022 г.).

Введение

Создание эффективного технологического оборудования с целью реализации прогрессивных технологий хранения и переработки сельскохозяйственного сырья не только повышает производительность труда, но и сокращает негативное воздействие производственных предприятий на окружающую среду, способствует экономии исходных компонентов, энергетических и материальных ресурсов.

Анализ современного состояния и тенденции пищевых отраслей аграрного промышленного комплекса России свидетельствует о том, что их технологический уровень нельзя признать удовлетворительным. Всего 19% активной части производственных фондов предприятий соответствуют мировому уровню, около 25% подлежат модернизации, а более 40% – замене. Общий уровень механизации производства в пищевых и перерабатывающих отраслях АПК не превышает 45%.

Следовательно, творческая деятельность инженеров-механиков в области конструирования машин имеет большое значение, тем более от них требуется, чтобы на основе изучения классического наследия разрабатывать новые конструкторские решения.

Студентам, изучающим специальные дисциплины, нужно знать общие законы развития техники, которые заключаются в том, что технические системы возникают, переживают периоды становления, расцвета, упадка и, наконец, сменяются другими системами с более благоприятными характеристиками.

Задачи курсового и дипломного проектирования заключаются в формировании системы знаний и умений, необходимых для профессиональной деятельности, навыков проектирования на стадиях разработки технического предложения, эскизного проектирования машин, технически грамотного оформления графической части и текстовых документов в соответствии с требованиями Единой системы конструкторской документации.

ТЕМАТИКА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Для предлагаются различные варианты тем: модернизация существующей машины, узла, аппарата; реконструирование участка технологической линии с концентрацией внимания на одной какой-либо машине; проект новой машины, линии, обеспечивающей интенсификацию процесса, повышение производительности, снижение энергозатрат, улучшение качества готовой продукции и др.

Для курсовой работы технологические расчеты проводятся применительно к участку размещения поточно-технологической линии, небольшому цеху, мини-производству.

Темы связаны с местами производственных практик студентов. Сформировались следующие темы.

1. Разработка электростатической коптильной камеры.
2. Модернизация дробилки зерна с промежуточным отбором фракции.
3. Разработка фрикционного дымогенератора.
4. Модернизация шприца для наполнения колбасных оболочек.
5. Модернизация куттера.
6. Модернизация фаршемешалки.
7. Разработка средств для транспортирования молока.
8. Модернизация сепаратора для очистки молока.
9. Разработка гомогенизатора молока.
10. Модернизация пастеризационно-охладительной установки.
11. Разработка маслообразователя.
12. Модернизация творого-приготовительной ванны.
13. Разработка пресса сырной массы.
14. Модернизация устройства для фризирования смеси мороженого.
15. Модернизация тестомесильной машины.
16. Модернизация тестоокруглительной машины.
17. Модернизация тестораскаточной машины.
18. Модернизация тестоделительной машины.
19. Разработка расстойного шкафа.
20. Модернизация хлебопекарной печи.
21. Модернизация зерноочистительного сепаратора.
22. Модернизация цилиндрического триера
23. Модернизация пневмосепарационной колонки.
24. Модернизация установки гидротермической обработки зерна.
25. Модернизация вальцового станка.
26. Модернизация вальцедекового станка.

27. Модернизация рассева.
28. Модернизация ситовеечной машины.
29. Модернизация падди машины.
30. Разработка дозирующего устройства для пастообразных продуктов.

Кроме названных используются темы, предложенные студентами по результатам производственных практик, с учетом заявок руководителей предприятий.

СТРУКТУРА РГР

Курсовая работа состоит из расчетно-пояснительной записки (РПЗ) и графической части. Объёмы РПЗ – 25 - 30 страниц, 2 - 3 листа графической части формата А2.

Расчетно-пояснительная записка к курсовой работе включает:

Титульный лист;

Задание на проект;

Аннотацию и ведомость проекта с указанием разделов, страниц;

Оглавление;

Введение;

1. Обоснование проекта;

2. Обзор и анализ существующих конструкций.

3. Конструирование оборудования (машины), аппарата;

3.1 Описание разрабатываемой машины, аппарата или устройства с учетом разработки.

3.2 Технологический расчет

3.3. Кинематический расчет

3.4. Расчет потребной мощности электродвигателя

3.5. Расчет на прочность (узлов по спец. разработке)

3.6. Теплотехнические расчеты (при необходимости).

3.7. Расчеты отдельных узлов (ценой, зубчатой, ременной передач и т.д.).

Заключение (выводы);

Библиографический список;

Приложения.

Графическая часть - 2 листа (формат А-2): 1 лист – сборный чертеж в двух-трех проекциях (не меньше); 2 лист - сборочные единицы или детали, связанные с модернизацией по спецзаданию РГР.

Во **введении** обосновывают выбор темы, дают оценку современному состоянию решаемого вопроса, ставят цели проектирования для конкретного предприятия (1-2 страницы).

Раздел 1. Обоснование курсовой работы.

В обосновании приводят производственную характеристику предприятия, дают сравнительный анализ технологий и поточно-технологических линий, формулируют задачи проектирования (5-6 страниц).

Раздел 2. Обзор и анализ существующих конструкций

Устанавливается степень соответствия технологическим требованиям. Если машина (аппарат, рабочий орган) морально устарела, принимается решение о замене или модернизации. Проводится патентный поиск. (5-6 страниц)

Раздел 3. Конструирование оборудования

Разработка конструкции является творческой деятельностью студента. Рекомендуется следующий алгоритм анализа конструкций и принятия решений:

В случае модернизации или разработки оригинальной конструкции необходимо определить:

- производительность машины;
- скорости рабочих органов;
- силы, действующие на рабочие органы (исполнительные механизмы);
- мощность привода;
- размеры деталей конструируемой машины.

Из подобранных деталей komponуют рабочий орган, при этом согласовывают размеры отдельных деталей с государственным отраслевым стандартом, подбирают подшипники, муфты, смазочные и предохранительные устройства. (10 - 15 страниц)

Чертежи общего вида, сборочные и рабочие вычерчивают на форматах согласно требованиям Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

В расчетно-пояснительной записке приводят расчетные схемы, эскизы, справочно-нормативный материал, используемый при конкретных расчетах рабочего органа.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Курсовая работа является комплектом документов и должен быть оформлен в соответствии с требованиями государственных стандартов:

- конструкторские документы по ЕСКД;
- технологические документы по ЕСТД;
- строительные документы по СПДС;
- программные документы по ЕСПД.

Пояснительной записке присваивается обозначение и проставляется на каждой странице в рамке.

Например, МЖиПСХП КП 01.00.00.ПЗ

где РГР – расчетно-графическая работа (вид документа);

01 - номер зачетной книжки

Работе присваивается обозначение и проставляется в основных надписях графических листов спецификаций и экспликаций.

Например, МЖ и ПСХП КР 01.03. 04.

03 – позиция четвертого сборочного узла на листе общего вида;

04 – позиция пятой детали на листе детализовки из четвертого сборочного узла.

Однако детали могут быть не только составными частями вычерченного узла, но и общего вида. В этом случае обозначение такой детали в основной надписи (штампе) будет выглядеть следующим образом:

МЖиПСХП КР 01.03.00.08

Буквенная группа, стоящая после числовых групп, обозначает код документа. Например:

ПЗ – пояснительная записка;

СБ – сборочный чертеж;

ВО – вид общий;

ЭС – электрическая схема;

ПО – принципиальная схема.

Расчетно-пояснительная записка курсовой работы может быть оформлена одним из следующих способов: машинописным (с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ) или рукописным – четким почерком чернилами или пастой черного (фиолетового) цвета, тушью при высоте цифр и букв не менее 2,5 мм; расстояние между основаниями строк не менее 10 мм. Для оформления записки используют писчую нелинованную бумагу формата А4 (297×210 мм) ГОСТ 2-301-68 и брошюруют в папку.

Текст располагают на листе следующим образом: поля от левого края страницы до начала строки – 35 мм, справа – 10 мм, сверху до первой строки – 15 мм, снизу до основания последней строки – 15 мм. Текст должен быть написан литературным и технически грамотным языком.

Абзацы в тексте начинают отступом, равным пяти ударам клавиши «пробел» клавиатуры ЭВМ (или 15÷17 мм в рукописном тексте).

Номера страниц пояснительной записки проставляют арабскими цифрами в соответствии с ГОСТ 7.32 в правом верхнем углу на расстоянии не менее 3 мм от верхнего и правого краев страницы. Нумерация страниц сквозная, включая титульный лист, задание, содержание, иллюстрации, приложения (на этих страницах номера страниц не ставятся, но подразумеваются).

Текст расчетно-пояснительной записки делят на разделы и подразделы (в случае необходимости – на пункты и подпункты). Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всей записки, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацного отступа. Подразделы нумеруют в пределах каждого раздела, таким образом номер подраздела состоит из номера раздела и подраздела (разделы «Введение», «Оглавление» не нумеруются). Например:

ВВЕДЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Анализ устройств для деления теста

1.1. Технологические требования к машинам

1.2. ...

Разделы и подразделы должны иметь краткие наименования, отражающие суть текста. Наименование разделов записывают в виде заголовков (симметрично тексту) прописными буквами высотой не

более 10 мм (ГОСТ 2.304). Наименования подраздела записывают строчными буквами в виде заголовка (с абзаца).

Требования к изложению текста

Не допускаются переносы слов в заголовках, точку в конце заголовка не ставят. Если заголовок состоит из нескольких предложений, то их разделяют точкой (ГОСТ 2.105 - 79).

Расстояние между заголовком и текстом пояснительной записки, выполненной печатным способом, должно быть 3-4 интервала, а при выполнении рукописным способом – 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела – 2 интервала при печатном способе и 10 мм – при рукописном. Каждый раздел рекомендуется начинать с новой страницы.

В пояснительной записке применяют научно-технические термины, обозначения и определения, установленные соответствующими стандартами, а при их отсутствии – общепринятыми в научно-технической литературе.

Условные обозначения величин, а также условные графические обозначения должны соответствовать установленным государственным стандартам (ГОСТ 8.417).

Числовые значения величин в тексте указывают с необходимой степенью точности, при этом в ряду величин выравнивание числа знаков после запятой обязательно.

Единицы физических величин применяют в соответствии с ГОСТ 8.417. Числовые значения величин с обозначением единиц физических величин и единиц счета следует писать цифрами, а числа без физических единиц и единиц счета от единицы до девяти – словами, например: «Зазор между вальцами 0,05 мм», «Увлажнять зерно два раза».

Необходимо соблюдать единообразие в изложении. Так, в пределах пояснительной записки единица физической величины одного и того же параметра должна быть постоянной.

Требования к написанию формул

Формулы в текст расчетно-пояснительной записки вносят сразу же после их упоминания, чертежным шрифтом (высота букв до 5 мм) тушью черного цвета (или набирают на компьютере). Справа на уровне строки формулы проставляют присваиваемый ей номер, который состоит из номера раздела и ее порядкового номера, например,

(2.1). Номер формулы заключают в круглые скобки и располагают на расстоянии от правого края не более 5 мм. Применение печатных и рукописных символов в одной формуле не допускается.

На странице текста при наличии нескольких формул их номера должны стоять на уровне одной вертикали. Ссылки в тексте на номер формулы дают в скобках, например, «Производительность питателя определяют по формуле (2.1)».

Значения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, приводят непосредственно под формулой, например:

$$Q = F \cdot V \rho, \quad (1)$$

где Q – производительность, кг/с;

F – площадь поперечного сечения, м²;

V – скорость движения материала, м/с;

ρ – плотность материала, кг/м³.

Значения каждого символа пишут с новой строки в последовательности записи их в формуле. Первая строка расшифровки должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него. Знаки препинания при использовании нескольких формул проставляют так же, как и в тексте.

Оформление иллюстраций, приложений и таблиц

Для пояснения излагаемого текста в расчетно-пояснительную записку вводят различные иллюстрации (рисунки, схемы, фотографии, графики и т.д.), которые могут быть расположены как по тексту записки, так и в конце какого-нибудь раздела или даже в приложении. Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. Нумеруют иллюстрации арабскими цифрами в пределах всей записки (сквозная нумерация) или в пределах каждого раздела.

Иллюстрации должны иметь наименование и, при необходимости, пояснительные данные (подрисуночный текст). Пример: Рис. 1. Схема молотковой дробилки. Если в тексте записки есть ссылки на составные части изделия, то на иллюстрации должны быть указаны номера позиций этих составных частей.

При ссылках на иллюстрации следует писать: «... в соответствии с рисунком 1» (при сквозной нумерации) и «... с рисунком 1.2» (при нумерации в пределах раздела).

Приложения (графический материал, фотографии, таблицы, расчеты, описание алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ, и т.д.) оформляют как продолжение пояснительной записки. Каждое

приложение начинают с нового листа и обозначают «Приложение В», «Приложение 1».

Нумерация листов пояснительной записки и приложений, входящих в ее состав, должна быть сквозной.

Цифровой материал в пояснительной записке оформляют в виде таблиц для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Таблица обязательно должна иметь заголовок, который пишут строчными буквами (кроме первой прописной) и помещают над таблицей посередине. Заголовок должен быть кратким и отражать содержание таблицы. Слово «Таблица» пишут в верхнем правом углу, выше заголовка.

По мере изложения делают ссылки на все таблицы текста, например (табл. 1).

Диагональное деление головки таблицы не допускается. Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

Графу «№» не включают, а при необходимости нумерации показателей, параметров или других данных порядковые номера указывают в боковинке таблицы перед их наименованием.

Повторяющийся в графе текст, состоящий из одного слова, допускается заменять кавычками, если строки в таблице не разделены линиями. Если часть цифровых данных не приводят, то в графе ставят прочерк.

Оформление библиографического списка.

Общие правила ссылок

Список литературных источников, применяемых при разработке проекта, составляют в порядке их использования, за исключением правительственных документов, которые ставят первыми. Список нумеруют арабскими цифрами, т.к. по мере разработки проекта могут быть сделаны ссылки на литературные источники. Список помещают после последней страницы текста записки.

Ссылки на используемые литературные источники указывают в квадратных скобках, например [1]. Необходимо помнить, что заимствование материалов из литературных источников без ссылки на них считается плагиатом, и автор может быть привлечен к ответственности по закону.

Ссылки на формулы в тексте дают в круглых скобках, например «... определяют по формуле (1)».

ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ РАЗДЕЛОВ

Технологические расчеты

Машина, работающая в составе поточно-технологической линии (ПТЛ), должна быть согласована с другими элементами этой линии по скорости исполнительных органов, количеству сырья, перерабатываемого в единицу времени, габаритам, по типу привода и другим характеристикам.

Наиболее важной характеристикой машины является производительность, под которой понимают количество (массовое, объёмное, штучное) продукции, полученное в единицу времени.

Основные виды производительности: технологическая, теоретическая, расчётная и фактическая. Следует очень тщательно рассмотреть технологический процесс, реализуемый проектируемым объектом, и определить возможные потери продукции (отходы, брак и т.д.), а также потери времени, которые в реальном производстве неизбежны из-за простоев оборудования во время осмотра, чистки, ремонта и т.д., перебоев в подаче кондиционного сырья, полуфабрикатов, организационных простоев и других причин. Следовательно, производительность конструируемого объекта должна быть выше фактической (номинальной) производительности поточной линии, где устанавливается этот объект.

Если не учесть при конструировании эксплуатационные потери, то заданная выработка продукции на том производственном участке, где устанавливается машина, фактически не будет достигнута. Таким образом, производительность G , на которую должен быть рассчитан проектируемый объект, определяют следующим образом:

$$G = \frac{G_T + \sum G_n}{\tau_s - \sum \tau_o}, \quad (2)$$

где G_T – требуемое количество продукции: массовое, кг; объёмное, м³ или штучное, шт.;

G_n – сумма возможных потерь продукции, кг, м³, шт.;

τ_s – время выдачи продукции, с, мин, ч;

$\sum \tau_o$ – эксплуатационные потери времени, с, мин, ч.

Определение основных параметров проектируемого объекта (ёмкости, размеров отдельных элементов конструкции) в значительной степени зависит от принципа его работы: является ли объект машиной или устройством периодического или непрерывного действия, выдает готовую продукцию на своей стадии технологического процесса в виде отдельных порций (доз, поштучно) или в виде потока.

Для определения параметров машины обычно используют величину объемной производительности W (м³/с), которую находят из соотношения:

$$W = G / \rho, \quad (3)$$

где G – массовая производительность (т.е. производительность по массе продукта, выданной в единицу времени), кг/с;

ρ – плотность или насыпная масса продукта, кг/м³.

Зная объемную производительность W и суммарное время, затраченное на загрузку, обработку и выгрузку определенной рабочей ёмкости объекта, находят вместимость V (м³) этой емкости:

$$V = W \cdot \Sigma \tau \quad (4)$$

Полученную вместимость корректируют, умножая её на соответствующий коэффициент, учитывающий определенные поправки (на запас емкости, расширение или вспенивание продукта, неравномерное его распределение), а затем определяют габариты, исходя из инженерных соображений.

Для объекта непрерывного действия объем элемента, пропускающего поток продукта V (м³), определяют величиной объемной производительности W (м³) и временем технологической обработки продукта в этом объеме τ (с) или временем технологической операции:

$$V = W \cdot \tau \quad (5)$$

При известной скорости потока (м/с) можно определить его фактическое сечение F (м²):

$$F = W / v, \quad (6)$$

а также длину потока L (м), если при этом происходит его обработка:

$$L = v \cdot \tau, \quad (7)$$

где τ – длительность технологической операции, с.

Если технологический процесс связан с передачей теплоты через поверхность теплообмена, то площадь последней F (м²) можно определить, пользуясь известными уравнениями:

$$Q = G \cdot c_{cp} (t_2 - t_1) \\ \text{и } F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t \cdot \tau}, \quad (8)$$

где Q – количество передаваемой теплоты, Дж;

G – количество продукта, кг;

c_{cp} – средняя удельная теплоемкость продукта, Дж/(кг·К);

t_1, t_2 – соответственно начальная и конечная температура продукта;

k – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²К);

Δt – средняя разность температур теплоносителей, К или °С;

τ – продолжительность процесса передачи теплоты, с.

Затем, в зависимости от конфигурации поверхности теплообмена, определяют ее размеры.

Кинематические расчеты

Величина фактической производительности проектируемого объекта является исходным фактором для определения основных кинематических параметров рабочих органов. Обработывая продукт (непрерывно или периодически), рабочие органы должны иметь определенный ритм движения, двигаться с определенной скоростью или частотой вращения. Это необходимо для получения единицы продукта (или единицы массы) в строго определенный промежуток времени (рабочий цикл). Определив рабочий цикл машины, можно найти нужный ритм работы её отдельных рабочих органов, а при известных их параметрах определить необходимые скорости движения.

Кинематический расчет передаточных механизмов включает:

1. Определение общего передаточного отношения $u_{общ}$ от вала электродвигателя, имеющего частоту вращения $n_{эд}$, до вала, на котором крепится ведущее звено исполнительного механизма $n_{вд}$:

$$u_{общ} = n_{эд} / n_{вд} \quad (9)$$

2. Распределение общего передаточного отношения всей кинематической цепи привода между отдельными передаточными механизмами, составляющими эту кинематическую цепь:

$$u_{общ} = u_1 \cdot u_2 \cdot u_3 \dots \cdot u_n, \quad (10)$$

где $u_1, u_2, u_3 \dots u_n$ – передаточные отношения, начиная соответственно от электродвигателя, 1-го, 2-го, 3-го, ..., n -го передаточных механизмов.

Передаточные отношения отдельных механизмов выбирают по справочным данным.

3. Определение параметров каждого передаточного механизма.

Для зубчатых и цепных передач – определение числа зубьев:

$$u_{э.п} = z_{вм} / z_{вд}, \quad (11)$$

где $z_{вм}$ – число зубьев ведомой шестерни или звездочки;

$z_{вд}$ – число зубьев ведущей шестерни или звездочки.

Для ременных передач – определение расчетного диаметра шкивов.

$$u_{р.л} = D_{вм} / D_{вд}, \quad (12)$$

где $D_{вм}$ и $D_{вд}$ – соответственно диаметры ведомого и ведущего шкивов.

При этом меньшее число зубьев или меньший диаметр шкива выбирают с учетом допустимых норм, указанных в справочных материалах курса «Детали машин», в зависимости от вида передаточного механизма.

4. Определение частоты вращения валов каждого из передаточных механизмов кинематической цепи из соотношений:

$$u_{э.п} = z_{вм} / z_{вд} = n_{вд} / n_{вм} \text{ – для зубчатых и цепных передач;}$$

$$u_{р.л} = D_{вм} / D_{вд} = n_{эд} / n_{вд} \text{ – для ременных передач.}$$

5. Определение для вариаторов предельных (максимальных и минимальных) значений передаточного отношения и частоты вращения выходного вала.

6. Определение скоростей перемещения поступательно движущихся элементов передаточных механизмов (винтов, гаек, реек, плунжеров, толкателей и т. д.) по соответствующим формулам, взятым из курса «Детали машин».

Энергетические расчеты

Энергетические расчеты включают определение силовых параметров: определение нагрузок на рабочие органы конструкции, находящиеся в соприкосновении с продуктом и обрабатывающие его, а также влияние внешних сил, давлений, сопротивлений, сил тяжести и инерции на отдельные элементы и детали. Выделим следующие основные силы, действующие в машинах:

1. Силы производственного сопротивления (технологические силы), на преодоление которых затрачивается работа, необходимая для выполнения технологического процесса. Величина этих сил зависит от многих факторов, например, от физико-механических свойств перерабатываемого продукта, скорости обработки, температурных режимов обработки, производительности машины, внешних условий и многого другого.

$$P_c = p \cdot \ell, \quad (13)$$

где P_c – сила производственного соотношения, Н;

p – удельное сопротивление конкретного материала, $\text{Н} \cdot \text{м}^{-1}$;

ℓ – суммарная длина рабочего органа, м.

2. Силы непроизводственных сопротивлений (в основном силы трения T_i), на преодоление которых затрачивается дополнительная работа. Эти силы определяют как произведение силы нормального давления P_n на коэффициент трения f_i в каждой трущейся паре:

$$T_i = P_n \cdot f \quad (14)$$

Если производственное или непроизводственное сопротивление связано в той или иной мере с гидродинамическим процессом (сопротивление жидких сред при перемещении, вязкостное трение и т.д.), то можно рекомендовать использование закона Ньютона для определения силы сопротивления тела, движущегося в среде жидкости P , Н:

$$P = c \cdot \rho \cdot F \cdot v^2, \quad (15)$$

где ρ – плотность жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$;

F – площадь проекции сечения тела плоскостью, перпендикуляр-

ной его скорости, м²;

v – скорость тела, м/с;

c – опытный коэффициент.

3. Динамические силы – силы инерции, возникающие при движении элементов конструкции с ускорениями. Для определения сил инерции P_u (Н) используют второй закон Ньютона, по которому сила инерции равна произведению массы тела m (кг) на его ускорение a (м/с²), но с обратным знаком, так как сила инерции и ускорение тела направлены противоположно:

$$P_u = - m \cdot a \quad (16)$$

Все указанные силы во время работы машины, как правило, не остаются постоянными, они за определенный промежуток работы (цикл) меняют свое направление и величину. Поэтому очень важно установить тот момент времени, в который элементы конструкции оказываются нагруженными наибольшим суммарным усилием, на которое затем и производят расчет на прочность этих элементов.

Определение потребной мощности

Перечисленные выше параметры: производительность, размеры основных рабочих органов проектируемого объекта, действующие на них силы, а также кинематические характеристики в совокупности – определяют потребное количество энергии для его привода.

В основе всех методик расчёта мощности N (Вт) привода машин лежит общее положение, исходящее из самого понятия мощности: при равномерном движении потребная мощность N для его осуществления равна работе A , совершенной в единицу времени, и рассчитывается как произведение силы и скорости. Действительно, при поступательном движении:

$$N = \frac{A}{t} = \frac{P \cdot S}{t} = P \cdot v, \text{ Вт} \quad (17)$$

или

$$N = P \cdot g \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}, \quad (18)$$

где A – работа, Дж;

P – действующая сила, Н;

S – пройденный путь, м;

g – скорость, м/с;

t – время, с.

Если тело совершает вращательное движение, то его окружная скорость $g = \omega \cdot R$ (здесь ω – угловая скорость вращающегося тела и R – его радиус). В этом случае мощность для привода вращающегося тела составит $N = P\omega R$. Поскольку произведение $P \cdot R$ представляет собой

вращающий момент M_{ep} , то формула мощности примет вид:

$$N = M_{ep} \cdot \omega \quad (19)$$

Таким образом, для определения мощности при вращении тела с постоянной скоростью достаточно знать вращающий момент, равный произведению окружного усилия P и радиуса вращения R , т.е. плечу приложения силы $R = D/2$ (здесь D – диаметр окружности).

Поскольку $\omega = \pi n / 30$, то формула мощности принимает вид:

$$N = M_{ep} \frac{\pi n}{30}, \text{ Вт} \quad \text{или} \quad N \cong M_{ep} \cdot n \cdot 10^{-4}, \text{ кВт}, \quad (20)$$

где n – частота вращения вала, мин^{-1} .

Формула определения мощности может быть использована также и для случая вращательного движения. Например, мощность, потребную для преодоления силы трения в подшипнике скольжения, можно рассчитать как произведение силы трения T в подшипнике, возникающей от силы тяжести G вращающегося на валу тела, и окружной скорости цапфы вала.

Если ведущий вал машины совершает вращательное движение с периодическими остановками (например, вал приводится механизмом мальтийского креста, храповым механизмом, звездчатым или другими механизмами), то вращающий момент складывается из двух моментов:

$$M_{ep} = M_{cm} + M_{ин}, \quad (21)$$

где M_{cm} – вращающий момент, необходимый для преодоления сил сопротивления (сопротивлений обрабатываемых материалов, сил тяжести, сил трения в подшипниках и т.д.);

$M_{ин}$ – вращающий момент, необходимый для преодоления сил инерции звеньев механизмов, возникающих вследствие неравномерности их движения.

Вращающий момент $M_{ин}$ определяют по формуле:

$$M_{ин} = I_{np} \cdot \varepsilon, \quad (22)$$

где I_{np} – приведенный момент сил инерции механизма, $\text{Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$;

ε – угловое ускорение ведущего вала, с^2 .

Угловое ускорение рассчитывают применительно к механизму, приводящему в движение ведущий вал, например, к механизму мальтийского креста. Из теоретической механики известно, что мерой инертности поступательно движущегося тела является масса m , а вращающегося тела – его момент инерции I :

$$I = m \cdot R^2, \quad (23)$$

где R – радиус тела.

Соответственно кинетические энергии этих тел определяются

выражениями:

$$E_n = m \cdot v^2 / 2 \quad \text{и} \quad E_n = I \cdot \omega^2 / 2 \quad (24)$$

Расчеты на прочность

Прочностные расчеты студенты выполняют для деталей, названия которых согласуют с руководителем. Последовательность расчетов дана в курсе «Детали машин». В качестве примера приводится расчет рабочего органа экструдера.

Задание. Выполнить прочностной расчет шнекового нагнетателя, если заданы: производительность $\Pi = 0,15$ кг/с; максимальное давление $P_{\max} = 0,3$ МПа; коэффициент внутреннего трения $f = 0,6$; плотность материала $\rho = 930$ кг/м³; наружный диаметр шнека $D = 0,14$ м; число рабочих витков шнека $n = 2$; число витков $z = 6$; материал витков шнека – сталь 20.

Методика расчета. Шаг шнека H (м) и диаметр вала шнека d (рис.1, 2):

$$H = K \cdot D = 0,72 \cdot 0,14 \approx 0,1 \text{ м};$$

$$d = K_1 \cdot D = 0,3 \cdot 0,14 = 0,042 \text{ м},$$

где коэффициенты $K = 0,7-0,8$; $K_1 = 0,25-0,4$.

По полученному значению $d = 42$ мм подбираем стальную бесшовную холоднотянутую трубу для изготовления вала шнека с размерами (по ГОСТ 8734-78):

- наружный диаметр $d = 42$ мм;
- толщина стенки – 3,2 мм.

Угол подъема винтовой линии шнека на периферии α_D :

$$\alpha_D = \arctg [H / (\pi \cdot D)] = \arctg [0,1 / (3,14 \cdot 0,14)] = 0,224 \text{ рад}$$

Угол подъема винтовой линии шнека у вала α_d :

$$\alpha_d = \arctg [H / (\pi \cdot d)] = \arctg [0,1 / (3,14 \cdot 0,042)] = 0,649 \text{ рад}$$

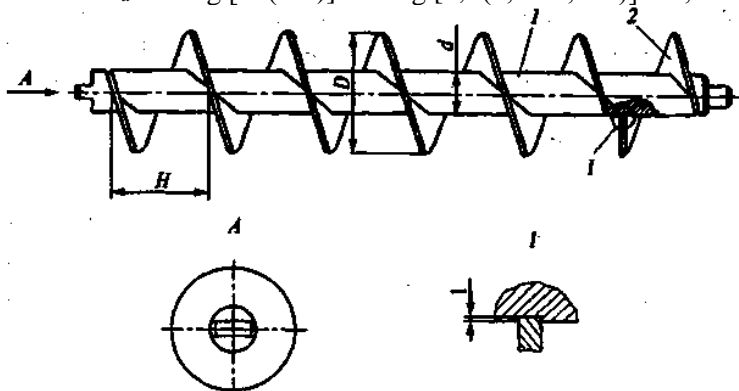


Рис. 1. Шнек со сплошным валом: 1— вал; 2 — виток

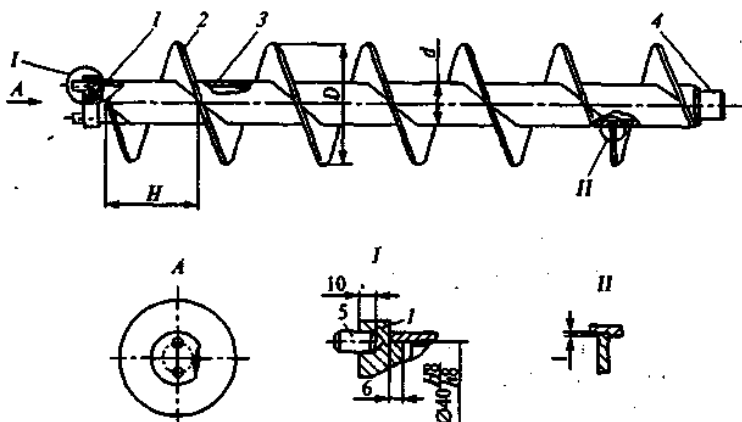


Рис. 2. Шнек с полым валом:

1 – опорная цапфа; 2 – виток; 3 – полый вал; 4 – ведущая цапфа; 5 – палец

С достаточной для инженерных расчетов точностью принимаем среднеарифметический угол подъема винтовой линии α_{cp} , рад:

$$\alpha_{cp} = 0,5(\alpha_D + \alpha_d) = 0,5(0,224 + 0,649) = 0,4365 \text{ рад} \approx$$

25°

Коэффициент отставания транспортируемого материала K_0 :

$$\begin{aligned} K_0 &= 1 - [\cos^2 \alpha_{cp} - 0,5/\sin(2\alpha_{cp})] = \\ &= 1 - [\cos^2 25^\circ - 0,5 \cdot 0,6 \sin(2 \cdot 25^\circ)] = 0,41 \end{aligned}$$

Материалы, которые формируются или прессуются в шнековых экструдерах, как правило, являются пластично-вязкими, т.е. обладают адгезией. В этом случае в качестве f используется коэффициент внутреннего трения.

Предельный диаметр вала шнека d_{np} :

$$d_{np} = (H/\pi) \operatorname{tg} \varphi = (0,1/3,14) \cdot 0,6 = 0,019 \text{ м},$$

где $\operatorname{tg} \varphi = f$ – коэффициент трения, $f = 0,6$ (φ – угол трения).

Диаметр вала шнека d всегда принимается больше d_{np} . Таким образом, условие $d \geq d_{np}$ ($0,042 \text{ м} > 0,019 \text{ м}$) выполняется.

Наибольший изгибающий момент в последнем витке шнека по внутреннему контуру M_u :

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{P_{max} D^2}{32} \cdot \frac{1,9 - 0,7a^{-4} - 5,2 \ln a - 1,2a^{-2}}{1,3 + 0,7a^{-2}} = \\ &= \frac{0,3 \cdot 10^6 \cdot 0,14^2}{32} \cdot \frac{1,9 - 0,7 \cdot 3,33^{-4} - 1,2 \cdot 3,33^{-2} - 5,2 \ln 3,33}{1,3 + 0,7 \cdot 0,33^{-2}} = -602,5 \text{ Н} \cdot \text{м/м}, \end{aligned}$$

где $a = D/d$ – отношение диаметров шнека и вала шнека ($a = 140/42 = 3,33$).

Толщина витка шнека

$$\delta = \sqrt{\frac{6M_u}{[\delta]}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 602,5}{145 \cdot 10^6}} = 4,99 \cdot 10^{-3} \approx 5 \text{ мм},$$

где $[\delta] = 145 \text{ МПа}$ – допускаемое напряжение материала витка шнека при изгибе.

Допускаемое напряжение при изгибе можно принять равным допускаемому напряжению при растяжении. Номинальное допускаемое напряжение при растяжении для стали 20 равно $[\delta] = 145 \text{ МПа}$.

Угловая частота вращения шнека ω , с^{-1} , определяется исходя из производительности нагнетателя Π , кг/с , его геометрических параметров и коэффициента отставания K_0 из зависимости

$$\Pi = 0,125(D^2 - d^2) \cdot (H - \delta) \cdot (1 - K_0) \rho \cdot \psi \cdot \omega,$$

где ρ – плотность прессуемого материала, кг/м^3 , при среднем давлении

$$P = 0,5(P_0 + P_{\max}), \text{ Па};$$

P_0 – давление материала на входе в шнековую камеру, Па. Принимается P_0 равным атмосферному;

ψ – коэффициент подачи, учитывающий степень заполнения межвиткового пространства и режим работы формующего устройства. Для макаронных прессов $\psi = 1$. Тогда

$$\omega = \frac{0,15}{0,125 \cdot (0,14^2 - 0,042^2) \cdot (0,1 - 0,005) \cdot (1 - 0,41) \cdot 930} = 1,29 \text{ рад/с}$$

Площадь внутренней цилиндрической поверхности корпуса шнекового устройства по длине одного шага F_B :

$$F_B = \pi D(H - \delta) = 3,14 \cdot 0,14(0,1 - 0,005) = 0,042 \text{ м}^2.$$

Площадь поверхности витка шнека по длине одного шага $F_{ш}$:

$$F_{ш} = \frac{1}{4\pi} \cdot \left(\pi D L - \pi d l + H^2 \ln \frac{D + 2 \cdot L}{d + 2 \cdot \ell} \right) = 0,0132 \text{ м}^2,$$

где L и l – длины винтовых линий, соответствующие диаметрам шнека и вала:

$$L = \sqrt{H^2 + (\pi D)^2} = \sqrt{0,1^2 + (3,14 \cdot 0,14)^2} = 0,451 \text{ м},$$

$$l = \sqrt{H^2 + (\pi d)^2} = \sqrt{0,1^2 + (3,14 \cdot 0,042)^2} = 0,165 \text{ м}$$

Условие работоспособности шнекового нагнетателя соблюдается, т.к. $F_B > F_{ш}$ ($0,042 \text{ м}^2 > 0,0132 \text{ м}^2$).

Крутящий момент шнека $M_{кр}$:

$$M_{кр} = 0,131 \cdot n \cdot P_{\max} (D^3 - d^3) \operatorname{tg} \alpha =$$

$$= 0,131 \cdot 2 \cdot 0,3 \cdot 10^6 (0,14^3 - 0,042^3) \operatorname{tg} 25^\circ = 97,86 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где $n = 2$ – число рабочих витков шнека.

Осевая сила, действующая на вал шнека S_{oc} :

$$\begin{aligned} S_{oc} &= 0,392 \cdot n (D^3 - d^3) P_{max} = \\ &= 0,392 \cdot 2 (0,14^3 - 0,042^3) 0,3 \cdot 10^6 = 4195 \text{ Н} \end{aligned}$$

Нормальные $\tau_{сж}$ (Па) и касательные τ (Па) напряжения в опасном сечении вала шнека:

$$\tau_{сж} = S_{oc} / F ; \quad \tau = M_{кр} / W ,$$

где F – площадь поперечного сечения вала шнека; сплошного

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = 0,00138 \text{ м}^2$$

полого

$$F = \frac{\pi}{4} (d^2 - d_{вн}^2) = \frac{3,14}{4} (0,042^2 - 0,0356^2) = 0,00039 \text{ м}^2,$$

здесь d , $d_{вн}$ – соответственно наружный и внутренний диаметры полого вала шнека ($d = 0,042$ м; $d_{вн} = 0,0356$ м). Полый вал выбирают с целью облегчения конструкции шнека, для сплошного вала $\tau_{сж}$

$$\tau_{сж} = 4195 / 0,00138 = 3,04 \cdot 10^6 \text{ Па} = 3,04 \text{ МПа},$$

для полого вала

$$\tau_{сж} = 4195 / 0,00039 = 10,76 \text{ МПа}$$

Полярный момент сопротивления вала шнека W_p (м³):

для сплошного вала

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16} \approx 0,2 d^3 = 0,2 \cdot 0,042^3 = 1,48 \cdot 10^{-5},$$

для полого вала

$$\begin{aligned} W_p &= \frac{\pi d^3}{16} \cdot \left(1 - \frac{d_{вн}^4}{d^4} \right) \approx 0,2 d^3 \cdot \left(1 - \frac{d_{вн}^4}{d^4} \right) = \\ &= 0,2 \cdot 0,042^3 \cdot \left(1 - \frac{0,356^4}{0,042^4} \right) = 7,17 \cdot 10^{-6} \end{aligned}$$

Для сплошного вала τ :

$$\tau = 97,86 / 1,48 \cdot 10^{-5} = 6,61 \cdot 10^6 \text{ Па} = 6,61 \text{ МПа},$$

для полого вала

$$\tau = 97,86 / 7,17 \cdot 10^{-6} = 13,65 \cdot 10^6 \text{ Па} = 13,65 \text{ МПа}$$

Эквивалентное напряжение $\tau_{экв}$:

для сплошного вала

$$\tau_{экв} = \sqrt{\sigma_{сж}^2 + 4\tau^2} = \sqrt{(3,04 \cdot 10^6)^2 + 4(6,61 \cdot 10^6)^2} =$$

$$= 13,56 \cdot 10^6 \text{ Па} = 13,56 \text{ МПа},$$

для полого вала

$$\begin{aligned}\tau_{\text{экв}} &= \sqrt{\sigma_{\text{сж}}^2 + 4\tau^2} = \sqrt{(10,76 \cdot 10^6)^2 + 4(13,65 \cdot 10^6)^2} = \\ &= 29,34 \cdot 10^6 \text{ Па} = 29,34 \text{ МПа}\end{aligned}$$

Проверим условие прочности вала шнека:

сплошного

$$\sigma_{\text{экв}} < [\sigma] \quad (13,56 \text{ МПа} < 180 \text{ МПа}),$$

полого

$$29,34 \text{ МПа} < 180 \text{ МПа},$$

где $[\sigma]$ – допускаемое напряжение материала вала, Па.

Принимаем, что вал шнека изготовлен из стали 12х18Н10Т, для которой

$$[\sigma] = 180 \cdot 10^6 \text{ Па} = 180 \text{ МПа}$$

Таким образом, условие прочности для сплошного и полого вала выполняется.

Мощность, затрачиваемая на привод шнекового нагнетателя N :

$$N = 10^{-3} \cdot M_{\text{кр}} \cdot \omega / \eta = 10^{-3} \cdot 97,86 \cdot 1,29 / 0,65 \approx 0,2 \text{ кВт}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Следует помнить, что любая курсовая работа является оригинальной, творческой работой студента и, следовательно, он может выходить за рамки тех рекомендаций, которые приведены в настоящем методическом пособии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Оборудование перерабатывающих производств: учебник / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, В.М. Зимняков и др. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 363 с.

Технология и техника переработки молока: Учебное пособие / Бредихин С.А., 2-е изд. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 443 с

Ивашов, В.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности [Электронный ресурс]: учебник. — Электрон. дан. — СПб.: ГИОРД, 2010. — 735 с.

Лисин П.А. Современное технологическое оборудование для тепловой обработки молока и молочных продуктов: пастеризационные установки, подогреватели, охладители, заквасочники [Электронный ресурс]: учебное пособие / Лисин П. А., Полянский К. К., Миллер Н. А. — Электрон. дан. — СПб.: ГИОРД, 2011. — 132 с.

Курсовое и дипломное проектирование технологического оборудования пищевых производств / О.Г. Лунин, В.Н. Вольтищев и др. – М.: Агропромиздат, 1990. – 269 с.

Курочкин А.А. Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства / А.А. Курочкин, В.В. Лященко – М.: Колос, 2001. – 440 с.

Лобанов В.И. Процессы и аппараты: Методические указания к выполнению курсовой работы. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2003. – 52 с.

Мефодьев М.Н. Методика курсового и дипломного проектирования / М.Н. Мефодьев, А.К. Туров; Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 1996. – 11 с.

Мефодьев М.Н. Основы расчета и конструирования машин для сельскохозяйственных перерабатывающих предприятий: Лекция / Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 2001. – 22 с.

Кондратов А.Ф. Расчет технологической линии первичной обработки молока / А.Ф. Кондратов, П.П. Ожигов, М.Н. Мефодьев, А.П. Лисица; Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 2003. – 27 с.

Остриков А.Н. Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств / А.Н. Остриков, О.В. Абрашов. – СПб.: ГИОРД, 2003. – 350 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1.1

ЗАДАНИЕ

на курсовую работу по учебной дисциплине

«Технологическое оборудование для хранения и переработки
сельскохозяйственной продукции»

Тема курсовой работы

Разработка (модернизация) _____
машины (аппарата)

Содержание курсовой работы

1. Расчетно-пояснительная записка объёмом 20-25 страниц.
2. Графическая часть: 2 листа формата А2.

Структура РПЗ

Аннотацию и ведомость проекта с указанием разделов, страниц;

Оглавление;

Введение;

1. Обоснование разработки (модернизации);
2. Обзор и анализ существующих конструкций.
3. Конструирование оборудования (машины), аппарата;
- 3.1 Описание разрабатываемой машины, аппарата или устройства с учетом разработки.
- 3.2 Технологический расчет
- 3.3. Кинематический расчет
- 3.4. Расчет потребной мощности электродвигателя
- 3.5. Расчет на прочность (узлов по спец. разработке)
- 3.6. Теплотехнические расчеты (при необходимости).
- 3.7. Расчеты отдельных узлов (ценой, зубчатой, ременной передач и т.д.).

Заключение (выводы);

Библиографический список;

Приложения.

Графическая часть - 2 листа (формат А-2): 1 лист – сборочный чертеж разрабатываемого узла; 2 лист - сборочные единицы и детали, связанные с модернизацией по спецзаданию.

Календарный план выполнения работы

№ п/п	Вид работы	Срок выполнения
1	Обоснование разработки (модернизации)	
2	Обзор и анализ существующих конструкций.	
3	Синтез разрабатываемой (модернизируемой) машины	
4	Технологический расчет	
5	Кинематический расчет	
6	Расчеты отдельных узлов	
7	Срок сдачи законченного проекта	

Дата выдачи задания _____

Руководитель _____

Задание принял к исполнению (дата) _____

Подпись студента _____

Зав. кафедрой МЖиПСХП к.т.н., доцент _____ А.А. Мезенов

ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ

ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ

Кафедра "Механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции"

Курсовая работа

по дисциплине

Технологическое оборудование для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции

на тему:

Выполнил студент

Ф.И.О.

группа

Шифр

Проверил

Новосибирск 201

Таблица 1. Физико-механические свойства зерновых культур

Культура	Размер, мм			Плотность, г/см ³	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Коэффициент внутреннего трения
	длина	ширина	толщина				
Пшеница	4,8-8,0	1,6-4,0	1,5-3,3	1,2-1,5	20-40	760	0,47
Рожь	5,0-10,0	1,4-3,6	1,2-3,5	1,2-1,5	13-32	730	0,49
Овес	8,0-18,6	1,4-4,0	1,0-4,0	1,2-1,4	20-42	450	0,51
Ячмень	7,0-14,6	2,0-5,0	1,245	1,2-1,4	31-51	650	0,51
Рис	5,0-7,0	2,5-2,8	2,0-2,5	1,19-1,26	19,0	520	0,51
Гречиха	4,2-6,2	2,8-3,7	2,4-3,4	0,85-1,25	21,0	610	0,52
Кукуруза	5,5-13,5	5,0-11,5	2,5-8,0	1,35	286,0	730	0,53
Горох	4,0-8,8	4,9-9,0	3,0-9,0	1,4	135,0	830	0,55
Просо	1,8-3,2	1,5-2,0	1,5-1,7	1,1-1,2	7,0	850	0,52

Таблица 2. Физико-механические свойства примесей

Культура	Размер, мм			Плотность, г/см ³	Масса 1000 зерен, г	Скорость витания, м/с
	длина	ширина	толщина			
Овсяг	8,0-20,0	1,75-3,0	1,25-3,0	0,9-1,1	15,0-25,0	5,5-8
Гречиха татарская вьюнковая	4,0-5,6	2,2-3,6	2,2-3,6	1,0-1,3	2,0-6,0	3,5-9,6
	2,0-3,6	1,6-2,8	1,6-2,6	1,0-1,3	2,0-6,0	3,7-7,4
Куколь	2,0-4,4	2,0-3,8	1,6-3,0	1,1-1,3	7,0-10,0	6,8-9,8
Спорынья	2,0-8,5	1,0-3,0	0,8-1,8	0,9-1,14	2,0-2,2	-
Редька дикая	3,0-8,1	2,0-5,8	1,7-5,0	0,85-1,0	8,0-10,0	-
Вьюнок полевой	2,4-4,3	1,4-3,4	1,1-2,8	0,97	10,0-11,	-
Куриное просо	2,4-5,0	1,2-2,6	0,7-2,0	0,8-1,25	1,5-2,0	3,7-6,4
Курмак	4,0-5,0	1,7-3,5	1,2-2,8	0,8-1,15	6,0-7,0	-
Курай	5,5-8,4	1,7-2,5	1,6-4,5	0,7-1,1	2,0-4,5	4,1-6,7

Таблица 3. Физико-механические свойства некоторых пищевых продуктов

Продукт	Углы естественного откоса, град		Коэффициенты трения				Средняя скорость витания, м/с	Коэффициент аэродинамического сопротивления
	в покое	в движении	по стали		по дереву			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Горох	-	25	-	0,26	-	0,27	15,50-17,50	0,190-0,229
Гречиха	28	-	0,48	-	0,57	-	6,5-6,9	-
Картофель	42-48	15	-	0,36	-	0,36	-	-
Кукуруза	16,3	-	0,58	0,36	0,58	0,30	12,48-14,03	0,162-0,236
Овес	38	30	0,45	0,37	0,56	0,44	8,08-9,11	0,169-0,300
Просо	23	-	0,44	-	0,50	-	9,83-11,80	0,045-0,073
Пшеница	25	-	0,48	0,36	0,58	0,44	8,9-11,5	0,184-0,265

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мука 1-го сорта	40	-	0,92	-	0,90	-	-	-
Вермишель 1,5 мм	42	-	0,46	0,36	0,37	0,30	-	-
Рис	28	-	0,44	-	0,53	-	5,8-7,2	0,160-0,278
Сахар-песок	40-45	-	2,14	1,0	-	-	-	-
Соя	24	-	0,58	0,36	0,58	0,30	17,25-20,10	0,115-0,152
Соль	50	40	1,19	0,7	-	-	-	-
Ячмень	35	27	0,58	0,40	0,78	0,37	8,41-10,77	0,191-0,272
Перловая крупа	-	-	0,46	-	0,45	-	-	-

Таблица 4. Среднее сопротивление резанию продуктов прямым лезвием

Продукт	Среднее сопротивление резанию, Н/м
Капуста	0,10-0,12
Картофель	0,06-0,07
Лук	0,17-0,18
Морковь	0,14-0,16
Мясо вареное	0,26-0,49
Мясо мороженое	2,25-2,94
Мясо парное	0,49-0,78
Сало	0,98-1,47
Свекла	0,09-0,11

Таблица 5. Динамическая вязкость некоторых пищевых продуктов

Продукт	Динамическая вязкость М-10 ³ , Па-с
Жир говяжий при температуре 333 К	20,2
Жир молочный	32-35 24,3
Жир свиной при температуре 323 К. Жир свиной при температуре 363 К	8,6
Кефир при температуре 283 К	4,5-13,9 14,8
Купаж при температуре 293 К. Масло льняное при температуре 293 К	52,7
Масло оливковое при температуре 293 К	78,1
Масло оливковое при температуре 373 К	7,1
Масло подсолнечное при температуре 293 К	63,3
Масло подсолнечное при температуре 373 К	6,7

Продукт	Динамическая вязкость М-10 ³ , Па-с
Масло соевое при температуре 293 К	57,8
Масло соевое при температуре 373 К	6,4
Молоко цельное при температуре 283 К	24
Молоко цельное при температуре 313 К	1,0
Молоко цельное при температуре 333 К	0,7
Молоко цельное при температуре 353 К	0,6
Молоко цельное сгущенное с сахаром свежее	29-30
Спиртово-водочные изделия при температуре 283 К	3,8-4,4
Спиртово-водочные изделия при температуре 293 К	2,7-2,9
Саломас пищевой при температуре 323 К	33,7
Саломас пищевой при температуре 373 К	13,4
Саломас пищевой при температуре 373 К	8,3

Таблица 6. Обобщенные теплофизические характеристики свежих пищевых продуктов при температуре 293 К

Продукт	Влагосо- держание u , кг/кг	Плот- ность ρ , кг/м ³	Теплофизические характеристики		
			удельная теплоемкость c , кДж/(кг·К)	теплопро- водность λ , Вт/(м·К)	коэффициент температуро- проводности $\alpha \cdot 10^8$, м/с
Картофель	0,797	1034	3,620	0,59	15,8
Свекла	0,871	1050	3,830	0,48	18,0
Морковь	0,887	1035	3,870	0,55	13,7
Редис	0,921	920	3,960	0,42	9,8
Петрушка	0,890	1010	3,872	0,49	12,5
Капуста	0,915	702	3,970	0,34	12,2
Лук репчатый	0,867	944	3,820	0,35	9,7
Чеснок	0,626	964	3,140	0,51	16,9
Кабачки	0,847	950	3,401	0,50	14,7
Огурцы	0,962	924	4,036	0,44	11,8
Томаты	0,942	1023	4,020	0,57	13,9
Яблоки	0,856	829	3,580	0,40	13,4
Груши	0,847	1010	3,810	0,51	13,4
Сливы	0,886	1030	3,868	0,55	12,6
Вишни	0,837	1081	3,790	0,52	15,1
Персики	0,885	930	3,858	0,58	16,2
Лимоны	0,881	1072	3,860	0,58	14,0
Виноград	0,795	1068	3,620	0,51	13,1
Говядина	0,727	1130	4,007	0,44	18,9
Свинина	0,713	1058	3,865	0,48	13,3
Кофе молотый	0,026	235	1,302	0,15	10,9
Макаронное тесто	0,410	750	3,900	0,36	12,3

**Таблица 7. Теплофизические характеристики
различных материалов и веществ**

Материалы и вещества	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Теплопровод- ность, Вт/(м·К)	Плотность, кг/м^3	Удельная теп- лопроводность, Дж/(кг·К)	Температуро- проводность, 10 м/с
Алюминий	0	209,2	2700	0,896	86,7
Бронза (95% С, 5А1)	20	83,0	8660	0,410	23,3
Железо	0	74,4	7880	0,440	21,5
Латунь	20	110,7	8520	0,385	33,8
Медь	0	389,6	8930	0,388	112,5
Сталь углеродистая (С = 0,5%)	20	53,6	7830	0,465	14,7
Сталь нержавеющая 1Х18Н9Т	20	16,0	7900	0,502	4,04
Асбест листовой	30	0,1 163	770	0,816	0,816
Асбест волокно	50	0,1105	470	0,816	0,289
Бетон сухой	20	0,8374	1600	0,837	0,622
Картон обыкновенный	20	0,1744	700	1,507	0,168
Пробковая пластина	30	0,0419	190	1,884	0,117
Резина твердая обыкновенная	0	0,1628	1200	1,381	0,098
Стекло	20	0,7443	2500	0,670	0,44
Стеклотекстолит ЭФ-32-20	20	0,3489		0,921	-
Текстолит	20	0,2326 0,3373	1300 1400	1,465 1,507	-
Фторопласт-3	-	0,06024	2120	0,921	0,031
Вода	0	0,5513	999,9	4,212	0,131
Масло МС-20	0	0,1349	904	1,980	0,076
Спирт метиловый	0	0,2140	809,7	2,428	0,109
Спирт этиловый	0	0,1884,	806,2	2,302	0,101
Аммиак	0	0,0210	0,771	2,043	13,4
Водород	0	0,1721	0,089	14,192	135,0
Водяной пар	100	0,0240	0,598	2,135	18,6
Воздух (сухой)	0	0,0244	1,293	1,005	18,8

**Таблица 8. Нормы выхода продукции при трехсортном
и двухсортном помолах мягкой пшеницы, %**

Помол трехсортный	Выход муки сорта			Побочные продукты		Отходы, категория	
	высшего	1-го	2-го	мучка	отруби	I и II	Ш
75%-й	10	50	15	3,0	18,5	2,8	0,7
	15	45	15	3,0	18,5	2,8	0,7
	20	40	15	3,0	18,5	2,8	0,7
	20	45	10	3,0	18,5	2,8	0,7
	25	35	15	3,0	18,5	2,8	0,7
	30	40	5	3,0	18,5	2,8	0,7
78%-й	10	40	28	-	18,5	2,8	0,7
	10	45	23	-	18,5	2,8	0,7
	15	40	23	-	18,5	2,8	0,7
	15	45	18	-	18,5	2,8	0,7
	20	40	18	-	18,5	2,8	0,7
	25	40	13	-	18,5	2,8	0,7

Примечание. Муку сорта крупчатка вырабатывают за счет выхода муки высшего сорта.

Манную крупу отбирают до 2% за счет выхода муки более высокого сорта.

Помол	Выход муки сорта		Побочные продукты		Отходы, категория	
	1-го	2-го	мучка	отруби	I и II	III
Двухсортный 75%-й	50	25	3,0	18,5	2,8	0,7
	55	20	3,0	18,5	2,8	0,7
	60	15	3,0	18,5	2,8	0,7
Двухсортный 78%-й	40	38	-	18,5	2,8	0,7
	45	33	-	18,5	2,8	0,7
	50	28	-	18,5	2,8	0,7
Односортный 72%-й	72	-	6,0	18,5	2,8	0,7
Односортный 85%-й	-	85	-	11,5	2,8	0,7
Односортный 96%-й	-	96*	-	0,1	2,0	0,7

*Мука обойная.

Примечание. При односортном 85%-м помоле разрешается выработка муки 1-го сорта до 15% при снижении общего выхода на 0,18% за каждый процент муки 1-го сорта.

Таблица 9. Выход хлебопекарных помолов ржи, смеси пшеницы и нормы выхода продукции, %

Помол	Выход муки сорта			Побочные продукты		Отходы, категории	
	сеяной	обдир-ной	обойной	мучка	отруби	1-й и 2-й	3-й
Сортовой:							
сеяный 63%-й	63	-	-	15	18,0	3,0	0,7
двухсортный 78%-й	15	65	-	-	16,0	3,0	0,7
двухсортный 80%-й	30	50	-	-	16,0	3,0	0,7
обдирный 87%-й	-	87	-	-	9,0	3,0	0,7
Обойный:							
ржаной 95%-й	-	-	95	-	2,0	2,0	0,7
ржано-пшеничный	-	-	95	-	2,0	2,0	0,7
пшенично-ржаной	-	-	95	-	1,0	2,0	0,7

Примечания. 1. Ржано-пшеничным считается помол смеси зерна, состоящий из 60% ржи и 40% пшеницы.

2. Пшенично-ржаным считается помол смеси зерна, состоящий из 70% пшеницы и 30% ржи.
3. Отклонения в соотношении компонентов смеси допускаются до +5%.

Таблица 10. Виды макаронных помолов зерна твердой и мягкой высокостекловидной пшеницы и нормы выхода продукции, %

Помол	Выход муки сорта			Побочные продукты		Отходы, категория	
	высшего (крупка)	1-го (полукрупка)	2-го	мучка	отруби	1-я и 2-я	3-я
Помол твердой пшеницы							
Двухсортный 75%-й	60	-	15	3,0	18,5	2,8	0,7
Трехсортный 75%-й	35	25	15	3,0	18,5	2,8	0,7
	40	20	15	3,0	18,5	2,8	0,7
	45	15	15	3,0	18,5	2,8	0,7
Трехсортный 78%-й	20	35	23	-	18,5	2,8	0,7
	30	25	23	-	18,5	2,8	0,7
	35	20	23	-	18,5	2,8	0,7
Помол высокостекловидной мягкой пшеницы							
Трехсортный 75%-й	20	30	25	3,0	18,5	2,8	0,7
	30	20	25	3,0	18,5	2,8	0,7
	30	25	20	3,0	18,5	2,8	0,7
Трехсортный 78%-й	15	30	33	-	18,5	2,8	0,7
	20	30	28	-	18,5	2,8	0,7
	30	2	28	-	18,5	2,8	0,7

Таблица 11. Нормы выхода при переработке овса, %

Продукты	При выработке					
	недробленной крупы	недробленной и плющенной крупы	недробленной и плющенной крупы и хлопьев	недробленной крупы и хлопьев	хлопьев и крупы	толокна
Крупа недробленая высшего сорта	15	10	10	10	-	-
Крупа недробленая 1-го сорта	30,5	19,5	19	29,5	-	-
Крупа плющенная высшего сорта	-	5,5	-	-	-	-
Крупа плющенная 1-го сорта	-	10	10	-	-	-
Хлопья	-	-	5	5,5	95,5	-
Толокно	-	-	-	-	-	-
Дробленка кормовая	4,5	4,5	4	4,5	2,5	52
Мучка кормовая	11	11,5	11,5	11,5	1,5	-
Лузга	9,5					
Некормовые отходы	27,7	27,7	26,7	27,7	0,1	26,7
Мелкий овес и кормовые отходы	7,8	7,8	8,3	7,8	-	6,3
Усушка	3,5	3,5	5,5	3,5	0,4	5,5

Таблица 12. Нормы выхода при переработке ячменя, %

Продукты переработки	Выработка крупы	
	перловая пятиномерная	ячневая трехномерная
Крупа перловая №1+№2	28	-
№3+№4	10	-
№5	2	-
Крупа ячневая № 1	-	15
№2	-	42
№3	-	5
Мучка	40	19,3
Лузга	10	10
Мелкий ячмень	5	5
Кормовые отходы	2,3	2,3
Некормовые отходы	0,7	0,7
Усушка	2	0,7

Таблица 13. Нормы выхода при переработке проса

Продукция	Выход, %	Продукция	Выход, %
Пшено высшего сорта	5	Мучка	8,5
1-го	58	Лузга и некормовые отходы	15
2-го	2	Кормовые отходы	7
Кормовая дробленка	4	Усушка	0,5

Таблица 14. Нормы выхода при переработке гречихи

Продукты переработки	Выработка крупы	
	непропаренной	пропаренной
Крупа ядрица 1-го сорта	52	59
2-го сорта	4	3
Крупа продел	10	5
Мучка	6	3,5
Мука, некормовые отходы	20	21,5
Кормовые отходы	7	6,5
Усушка	1,0	1,5

Таблица 15. Нормы выхода при переработке гороха

Продукция	Выход, %
Горох шелушенный целый	35
Горох колотый	38
Сечка и мучка	10,5
Лузга	6
Мелкий горох	5
Кормовые отходы	1
Некормовые отходы	0,5
Усушка	4

Таблица 16. Нормы выхода при переработке пшеницы

Продукция	Выход, %
Крупа полтавская № 1 + № 2	8
№3 + №4	43
Крупа «Артек»	12
Мучка	30
Кормовые отходы	5,3
Некормовые отходы и потери	0,7
Усушка	1

Таблица 17. Коэффициент перерасчета молочных продуктов в молоко

Наименование продукта	Коэффициент
Молоко:стерилизованное и пастеризованное	1,0
топленое жирностью 6%	2
Диетические продукты (кефир, ацидофилин, простокваша)	1,0
Сливки жирностью: 35%	10
20%	5,7
10%	2,85
Сметана жирностью: 40%	11,3
30%	8,5
Творог жирностью: 18%	6,8
9%	3,4

Наименование продукта	Коэффициент
Творог зерненный, жирностью 6%	2,8
Ряженка и ацидофильная паста жирностью 8%	2,5
Сыровая масса и сырки сладкие и соленые	5,4
Творожная масса сладкая (особая), сырки жирные с изюмом, цукатом, глазированные шоколадом	3,7
Сливочный напиток	2,8

Таблица 18. Перевод весовых единиц молока в объемные и наоборот

Перевод килограммов в литры				Перевод литров в килограммы			
кг	л	кг	л	л	кг	л	кг
1	0,97	11	10,66	1	1,03	11	11,35
2	1,94	12	11,63	2	2,06	12	12,38
3	2,91	13	12,60	3	3,10	13	13,42
4	3,88	14	13,67	4	4,13	14	14,45
5	4,84	15	14,53	5	5,16	15	15,48
6	5,81	16	15,50	6	6,19	16	16,51
7	6,78	17	16,47	7	7,22	17	17,54
8	7,75-	18	17,44	8	8,26	18	18,58
9	8,72	19	18,41	9	9,29	19	19,61
10	9,69	20	19,38	10	10,32	20	20,64

Таблица 19. Минимальная масса птицы для убоя

Тушки	Масса перед убоем, г	Масса потрошенной тушки, г
Цыплята	600	480
Бройлеры	800	640
Индюшата	2000	1620
Цесарята	700	480
Утята	1300	1040
Гусята	2300	1580

Таблица 20. Химический состав молока, %

Животное	Жир	Белок	Сухое вещество	Вода
Корова	3,8	3,3	12,5	87,5
Овца	6,7	5,8	17,9	82,1
Коза	4,4	3,3	13,7	86,3
Свинья	4,6	7,3	16,0	84,0
Кобыла	11,0	2,1	10,1	89,9
Крольчиха	10,4	15,5	30,5	69,5
Самка оленя	22,5	10,3	36,7	63,3

**Таблица 21. Химический состав вторичных
продуктов переработки молока, %**

Показатель	Обезжиренное молоко	Пахта	Сыворотка
Жир	0,05	0,4	0,6
Белок	3,5	3,2	1,0
Молочный сахар	4,8	5,0	4,8
Сухое вещество	8,7	9,3	7,1
Питательность, ккал	325	333	237

**Таблица 22. Химический состав и энергетическая
ценность мяса птицы**

Тушки	Категория	Вода	Белки	Жиры	Энергетическая ценность, кДж
Бройлеры	1-я	69,0	17,6	14,4	766
	2-я	74,2	19,7	5,2	531
Гуси	1-я	45,0	15,2	39,0	1724
	2-я	54,0	17,0	27,0	1326
Гусята	1-я	53,4	16,6	28,8	1364
	2-я	65,1	19,1	14,6	870
Индейки	1-я	57,3	19,5	22,0	1155
	2-я	64,5	21,6	12,0	824
Индюшата	1-я	68,0	18,5	11,7	761
	2-я	71,2	21,7	5,0	561
Куры	1-я	61,9	18,2	18,4	1008
	2-я	68,9	20,8	8,8	690
Перепелки	1-я	62,0	18,0	18,6	1000
Утки	1-я	56,7	17,2	24,2	1695
	2-я	56,0	16,0	27,2	1201
Утятя	1-я	56,0	16,0	27,2	1293
	2-я	63,0	18,0	17,0	941

**Таблица 23. Средний химический состав отрубов
говядины, % в 100 г продукта**

Отруба	Вода	Белки	Жир	Энергетическая ценность 100 г продукта, кДж
Тазобедренный	72,4	20,2	6,4	577
Спинной	70,6	19,8	8,6	657
Поясничный	60,4	19,9	9,6	695
Грудной	64,8	17,0	17,4	941
Лопаточный	73,0	19,4	6,6	565
Шейный	73,3	19,4	6,4	565
Пашина	63,7	18,9	16,6	941

**Таблица 24. Средний химический состав отрубов
свинины жирной, % в 100 г продукта**

Отруба	Вода	Белки	Жиры	Энергетическая ценность 100 г продукта, кДж
Окорок	53,9	15,0	30,3	1393
Корейка	44,1	15,3	42,0	1803
Шейно-лопаточный	51,3	13,3	34,7	1531
Грудинка необрезная	29,2	8,1	62,3	2481

Таблица 25. Средний химический состав мяса овец, %

Упитанность	Вода	Белки	Жиры	Энергетическая ценность, кДж
1-я категория	52,9	15,3	31,0	1470
2-я категория	67,6	16,3	15,3	850
3-я категория	69,3	20,8	9,0	687
Ягнята	68,9	16,2	14,1	603

Таблица 26. Химический состав отрубов баранины, %

Отруба	Вода	Белки	Жиры	Энергетическая ценность, кДж
Тазобедренно-поясничный	64,4	18,8	13,8	833
Спинной	61,5	16,5	20,9	1063
Лопаточный	71,3	17,1	10,7	690
Грудной	64,7	16,3	14,9	950
Патина	66,6	17,6	14,9	858
Шейный	67,2	15,4	16,3	870
Предплечье	72,0	19,1	7,9	616
Задняя голяшка	66,9	19,6	12,5	800

Таблица 27. Коэффициенты перевода живой массы скота в убойную

Виды и упитанность животных	Коэффициент
Крупный рогатый скот	
Высшая	0,61
Средняя	0,57
Ниже средней	0,53
Тощая	0,50
Свиньи	
Жирные	0,80
Беконные	0,79
Нестандартные и тощие	0,62
Поросята	
1-й категории	81
2-й категории	67
Птица потрошенная	80
Кролики	50

Таблица 28. Выход мяса и сала, включая субпродукты, при забое

крупного и мелкого рогатого скота, % к живой массе

Животные	Упитанность			
	высшая	средняя	выше средней	тощий скот
Крупный рогатый скот*	62	58	54	50
Овцы и козы	54	52	48	44

* Для быков (бугаев) 1-й категории – по нормам крупного рогатого скота высшей упитанности, для быков (бугаев) 2-й категории – по нормам средней упитанности, для телок-молочников в возрасте до 3 месяцев – по нормам для крупного рогатого скота высшей упитанности.

Таблица 29. Выход мяса и сала, включая субпродукты, при забое свиней, % к живой массе

Категория животных	Выход, %
Свиньи сальные	81
Мясные живой массой более 59 кг	73
Беконные	79
Нестандартные и тощие	62
Подсвинки массой от 20 до 59 кг	67
Поросята 2-й категории (от 6 до 20 кг)	67
1-й категории (от 2 до 6 кг)	81

Таблица 30. Средний химический состав говядины в 100 г продукта, г

Говядина	Вода	Белки	Жиры	Энергетическая ценность 100 г продукта, кДж
1-я категория	67,7	18,9	12,4	782
2-я категория	71,1	20,2	7,0	602

Таблица 31. Норма расхода молока на получение сметаны и сырых сливок

Жирность молока, %	Расход молока			
	на 1 т сметаны 30%-й жирности, кг	на 1 т сливок (т) с содержанием в них жира		
		10%	20%	35%
1	2	3	4	5
3,2	9876	3,27	6,55	11,49
3,3	9582	3,17	6,36	11,14
3,4	9296	3,08	6,17	10,81
3,5	9022	2,99	5,98	10,49
3,6	8060	2,90	5,81	10,19
3,7	8514	2,83	5,65	9,93
3,8	8303	2,75	5,51	9,66
3,9	8081	2,68	5,36	9,40
4,0	7871	2,61	5,55	9,15
4,1	7691	2,55	5,10	8,94

1	2	3	4	5
4,2.	7500	2,49	4,98	8,72
4,3	7326	2,43	4,85	8,50
4,4	7162	2,37	4,75	8,33
4,5	6997	2,32	4,64	8,14
4,6	6838	2,27	4,54	7,95
4,7	6702	2,21	4,44	7,79
4,8	6557	2,17	4,35	7,62
4,9	6118	2,12	4,26	7,46
5,0	6284	2,08	4,17	7,30

Таблица 32. Нормы расхода пастеризованного нормализованного молока на изготовление 1 т творога, т

Жирность молока, %	Творог		
	жирностью 20%	жирностью 9%	обезжиренный
3,3	7,026	7,194	8,43
3,4	6,912	7,94	8,00
3,5	6,696	6,936	7,86
3,6	6,593	6,936	7,72
3,7	6,493	6,697	7,55
3,8	6,396	6,697	7,43
3,9	6,302	6,473	7,28
4,0	6,211	6,473	7,13
4,1	6,122	6,265	7,02
4,2	5,952	6,265	6,91
4,3	5,870	6,069	6,67
4,4	5,791	6,069	6,45

Таблица 33. Норма расхода молока на изготовление сливочного масла, т

Жирность молока, %	Расход молока для приготовления 1 т масла	
	несоленого	соленого
3,0	29,43	29,08
3,1	28,47	28,13
3,2	27,57	27,23
3,3	26,72	26,39
3,4	25,92	25,61
3,5	25,17	24,86
3,6	24,46	24,16
3,7	23,79	23,50
3,	23,16	22,87
3,9	22,55	22,28

Жирность молока, %	Расход молока для приготовления 1 т масла	
	несоленого	соленого
4,0	21,98	21,72
4,5	19,51	19,28
5,0	17,54	17,33
5,5	15,93	15,74
6,0	14,59	14,42

Таблица 34. Норма расхода сливок на изготовление
1 т сливочного масла, т

Жирность сливок, %	Масло	
	несоленое	соленое
25	3,369	3,329
26	3,238	3,199
27	3,116	3,080
28	3,004	2,968
29	2,899	2,865
30	2,801	2,768
31	2,710	2,678
32:	2,624	2,594
33Т	2,544	2,514
34	2,469	2,440
35	2,398	2,369
36	2,330	2,302
37.	2,267	2,40
38	2,206	2,180
39	2,150	2,124
40	2,096	2,071

Таблица 35. Средний расход молока на производство 1 кг сыра, кг

Жирность молока, %	Сыр	
	Ярославский, 40%-й	Советский, 50%-й
3,8	11,6	11,9
3,9	11,5	11,5
4,2	11,2	11,1
44	10,8	10,7

Составители
Туров Александр Кондратьевич
Мезенов Артем Анатольевич
Пшенов Евгений Александрович

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙ-
СТВЕННОЙ
ПРОДУКЦИИ**

Методические рекомендации для выполнения курсовой работы