

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Инженерный институт

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Методика выполнения курсовой работы

Новосибирск 2022

УДК 658.51

Составители: *А.А. Мезенов*, канд. техн. наук, доц.
Е.А. Пшенов, канд. техн. наук, доц.

Рецензент: *Е.А. Булаев*, канд. техн. наук, доц.

Процессы и аппараты пищевых производств: методика выполнения курсовой работы / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инж. ин-т; сост.: А.А. Мезенов, Е.А. Пшенов. – Новосибирск, 2022. – 34 с.

В методических рекомендациях изложена последовательность выполнения курсовой работы. Рассмотрены вопросы тематики, структуры и содержания разделов работы, изложены требования по оформлению текстовой и графической части.

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению 35.03.06 «Агроинженерия» профиль: Технические системы и роботизация пищевых производств; Машины и оборудование для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции.

Утверждена и рекомендована к изданию методическим советом Инженерного института (протокол №2 от 27 сентября 2022 г.).

Содержание

1	Задание на курсовую работу	4
2	Структура пояснительной записки	4
3	Тематика курсовых работ	4
4	Рекомендуемый алгоритм выполнения курсовой работы	5
5	Примеры выполнения разделов курсовой работы	6
6	Приложения	16
7	Библиографический список	30

1. Задание на курсовую работу по учебной дисциплине «Процессы и аппараты пищевых производств»

Курсовая работа содержит пояснительную записку объемом 18...20 страниц, и графическую часть, включающую 2 листа, формата А3.

2. Структура пояснительной записки

2.1 Введение

Значение разрабатываемого процесса в пищевых технологиях. Термины и определения, применяемые в работе. 1 страница

2.2 Теоретические основы процесса.

Движущая сила процесса, баланс веществ, энергии. Структурные схемы технологических процессов. 5-6 страниц

2.3 Оборудование для реализации разрабатываемого процесса.

Классификация, особенности устройства. Основы расчета основных параметров: сил, скоростей, производительности, энергоемкости. Расчет одного аппарата. 10-11 страниц

2.4 Патентный поиск.

Тенденции совершенствования, перспективы развития аппаратов для реализации разрабатываемого процесса. 4-5 страниц

Графическая часть

1-й лист. Классификация аппаратов.

2-й лист. Схема аппарата (машины) по результатам патентного поиска.

3. Тематика курсовых работ.

3.1 Гидромеханические процессы.

3.1.1 Осаждение. Сепараторы.

3.1.2 Фильтрация. Пресс-фильтры.

3.1.3 Перемешивание сыпучих материалов. Смесители.

3.1.4 Псевдоожижение. Пневмотранспортеры.

3.2 Мембранные процессы.

3.2.1 Ультрафильтрационные аппараты.

3.2.2 Обратно осмотические установки.

3.3 Теплообменные процессы

3.3.1 Нагревание. Теплообменники

3.3.2 Выпаривание. Выпарные установки.

3.4 Массообменные процессы

3.4.1 Абсорбция. Классификация абсорберов

3.4.2 Перегонка и ректификация

3.4.3 Экстракция. Аппараты для выщелачивания.

3.4.4 Сушка. Сушилки конвективные.

3.4.5 Сублимационные сушилки.

3.4.6 Кристаллизация

3.5 Механические процессы

3.5.1 Измельчение. Дробилки.

3.5.2 Резание. Куттеры.

3.5.3 Прессование.

4. Рекомендуемый алгоритм выполнения курсовой работы.

4.1 Во введении необходимо обосновать актуальность темы работы, важность конкретной технологии, тенденции её совершенствования, возможные варианты оптимизации по критериям экологической безопасности, энергоёмкости. Необходимо дать научное определение терминам и понятиям, которые будут использоваться при изложении, выбрать ключевые слова, выражающие сущность работы.

4.2 Теоретические основы процесса

Важным понятием теории пищевых технологий является «движущая сила процесса». Часто в технологии взаимодействуют несколько факторов, лимитирующих скорость протекания процесса: это перепад давления, разность температур, концентраций.

Студент, проанализировав ситуацию, должен выявить приоритетные факторы, расположив их по степени важности, обосновав целесообразность применения математического аппарата для решения конкретных задач.

При составлении материальных и энергетических балансов процесса необходимо учитывать потери. В случае превышения уровня потерь сверх допустимых студент должен предусматривать варианты оптимизации процесса.

Структурная схема процесса может быть заменена машинно-аппаратурной или схемой поточно-технологической линии. В любом случае необходимо указывать режимы, при которых выполняются операции.

4.3 Оборудование для реализации разрабатываемого процесса.

При классификации машин и аппаратов следует выбрать критерии, по которым решено анализировать оборудование. Следующие свойства: периодичность (непрерывность) включения, принцип воздействия рабочих органов на сырьё (вид деформации), виды исполнительных и рабочих органов. Способ управления (ручной, полуавтоматический, автоматический) и другие свойства, отражающие специфику оборудования.

При расчете оборудования, в основном, определяются технические характеристики: производительность, скорости рабочих органов, режимы обработки, потери энергии и сырья. Расчеты следует произвести на примере одного из видов оборудования. В качестве рекомендуемого объекта расчета может быть изобретение (полезная модель); выявленное в результате патентного поиска.

4.4 Патентный поиск является обязательным этапом при выполнении расчетно-графической работы. Анализируя патенты по теме курсовой работы студент должен выявить тенденции совершенствования технологии и оборудования по заданному направлению, сделать выводы о сравнительной энергоёмкости оборудования пищевых производств, о возможных перспективах развития аппаратов для реализации выбранной технологии.

5. Примеры выполнения раздела курсовой работы.

В качестве темы выберем сушку мучных изделий

5.1 Сушилки для макаронных изделий

5.1.1 Последовательность расчета сушилок

Удельный расход свежего воздуха (в кг сух. в. на 1 кг исп. влаги)

$$l = 1 / (x_2 - x_0), \text{ где}$$

x_0 и x_2 – удельное влагосодержание влажного воздуха, кг/кг сух. в., определяется по формуле:

$$x_{0,2} = 0,662 \varphi p_{\text{нас}} / (B - \varphi p_{\text{нас}}), \text{ где}$$

0,622 – соотношение молярных масс водяного пара и воздуха; φ – относительная влажность воздуха; $p_{\text{нас}}$ – давление насыщенного пара при заданной температуре воздуха, Па; B – барометрическое (общее) давление влажного воздуха, Па ($B = 0,99 \cdot 10^5$ Па).

Полный расход сухого воздуха (кг/ч.сух.в.)

$$L = lu, \text{ где}$$

u – количество влаги, испаренной из материала в процессе сушки, кг/ч,

$$u = G_1 \frac{w_1 - w_2}{100 - w_2} \quad \text{или} \quad u = G_2 \frac{w_1 - w_2}{100 - w_1},$$

G_1 и G_2 – масса поступающего и высушенного материала в сушилке в единицу времени, кг/ч; w_1 и w_2 – начальная и конечная влажность материала, %.

$$G_2 = G_1 \frac{100 - w_1}{100 - w_2} \quad \text{или} \quad G_1 = G_2 \frac{100 - w_2}{100 - w_1}$$

Объем влажного воздуха ($\text{м}^3/\text{ч}$), необходимый для сушки продукта,

$$V = LV_0, \text{ где}$$

V_0 – удельный объем влажного воздуха, приходящийся на 1 кг сух.в., $\text{м}^3/\text{кг}$ сух.в., зависят от температуры и относительной влажности воздуха:

$$V_0 = R_g T / (B - \varphi p_{\text{нас}}), \text{ где}$$

R_g – газовая постоянная для воздуха; $R_g = 228$ Дж/(кг·К);

T – температура воздуха,

K - Мощность электродвигателя (кВт), необходимая для перемещения воздуха в сушилке,

$$N = \frac{VH}{1000\eta_v\eta_nK_n},$$

H - полное сопротивление сушильной установки, Па, для шкафных сушилок типа ВВП, ЛС-2А и др. в зависимости от числа последовательно установленных рядов лотковых кассет с продуктом $H=1\ldots 4$ кПа, для конвейерных сушилок СПК $H=0,15\ldots 0,25$ кПа; η_v – КПД вентилятора, должно быть не менее 0,9; η_n – КПД передачи, при клиноременной $\eta_n=0,95$, при соединении валов муфтой $\eta_n=0,98$, при работе на одном валу с электродвигателем $\eta_n=1,0$; K_n – коэффициент, учитывающий потери энергии в подшипниках ($K_n=0,8\ldots 0,99$).

Потери теплоты (кДж/ч) на нагревание макаронных изделий

$$Q_m = G_1 c_{m2} (\theta_{m2} - \theta_{m1}), \text{ где}$$

c_{m2} – удельная теплоемкость макаронных изделий при заданной влажности Дж/(кг·К); θ_{m1} и θ_{m2} – температура макарон на входе и на выходе из сушилки, °С.

$$c_{m2} = 1650 + 15,49w^c, \text{ где}$$

w^c – влажность материала в пересчете на сухую массу, %,

$$w^c = \frac{100w}{100-w},$$

Потери теплоты (кДж/ч) на нагревание транспортных приспособлений (касет, бастунов, ленточных и цепных конвейеров и т.п.) в сушильной камере

$$Q_m = G_m c_m (\theta_{m2} - \theta_{m1}), \text{ где}$$

G_m – масса транспортных приспособлений, проходящих в час через сушилку, кг/ч; c_m – удельная теплоемкость материала, из которого изготовлены транспортные приспособления, кДж/(кг·К), для алюминия $c_m=0,896$ кДж/(кг·К), для стали $c_m = 0,44$ кДж/(кг·К); θ_{m1} и θ_{m2} – температура транспортных приспособлений на входе и выходе из сушильной камеры.

Массу транспортных приспособлений, проходящих через сушилку (кг/ч), рассчитывают по формуле

$$G_m = nm_m/\tau, \text{ где}$$

n – число транспортных приспособлений; m_m – масса транспортных приспособлений, кг, для кассеты из алюминия $m_m = 0,88$ кг, для бастуна длиной 2 м из алюминия $m_m = 1,26$ кг; τ – продолжительность сушки продукта, ч.

Потери теплоты (кДж/ч) с выходящим из сушилки воздухом

$$Q_6 = lu(i_2 - i_0), \text{ где}$$

i_0, i_2 – удельная энтальпия воздуха на входе и выходе из сушилки, кДж/кг сух. в.

$$i = c_{c.в.} t_x (r_0 + c_n t), \text{ где}$$

$c_{c.в.}$ – удельная теплоемкость абсолютно сухого воздуха, $c_{c.в.} = 1,0046$ кДж/(кг·К); r_0 – удельная теплота парообразования при нулевой температуре, $r_0 = 2500$ кДж/кг; c_n – удельная теплоемкость пара, $c_n = 1,8418$ кДж/(кг·К).

Потери теплоты (кДж/ч) ограждениями сушилки

$$Q_0 = kF\Theta, \text{ где}$$

k – коэффициент теплопередачи через стенки сушилки, кДж/(м²·ч·К), $k = 1,6 \dots 1,9$ кДж/(м²·ч·К); F – суммарная площадь ограждений сушилки, м²; Θ – средний температурный перепад между наружной стенкой сушилки и окружающим воздухом, °С.

Поправка на действительную сушилку (кДж/кг исп.вл.)

$$\Delta = (c_6 \Theta_{m1} + q_0) - (q_m + q_t + q_e + q_o), \text{ где}$$

c_6 – удельная теплоемкость воды, кДж/(кг·К), $c_6 = 4,186$ кДж/(кг·К); q_0 – удельная добавочная теплота, сообщенная воздуху в калорифере, кДж/кг, $q_0 = Q_0/u$; q_m, q_t, q_e, q_o – удельные потери теплоты на нагревание материала, транспортных устройств, с уходящим воздухом и ограждениями, кДж/кг.

$$Q_0 = L(i_1 - i_0),$$

i_1, i_0 – соответственно удельная энтальпия воздуха до и после калорифера, кДж/кг сух.в.

Поверхность нагрева калорифера

$$F_k = \frac{Q_0}{k \Delta t_{cp}}, \text{ где}$$

k – коэффициент теплопередачи стенкой калорифера, кДж/(м²·ч·К), $k = 48 \dots 118$ кДж/(м²·ч·К); Δt_{cp} – средний температурный напор, или средняя для всей поверхности нагрева разность температур греющего теплоносителя и воздуха, °С,

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{2.31g \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}},$$

Δt_6 – большая разность температур греющего теплоносителя и воздуха, °С; Δt_m – меньшая разность этих же температур, °С.

Температуру теплоносителя рассчитывают по давлению пара. Например, температура теплоносителя составит 99,63 °С для $p = 1 \cdot 10^5$ Па,

120,23 °C – для $p = 2 \cdot 10^5$ Па, 133,54 °C – для $p = 3 \cdot 10^5$ Па.

КПД сушилки

$$\eta = r/q_d, \text{ где}$$

r – удельная теплота парообразования, кДж/кг, определяется при температуре испарения влаги из материала.

Длина (м) сушильной камеры для макаронных изделий в лотковых кассетах

$$L_k = l_k n_{k,d} k' l_0, \text{ где}$$

l_k – длина лотковой кассеты, м ($l_k = 0,364$ м); $n_{k,d}$ – количество кассет, устанавливаемых по длине сушилки,

$n_{k,d}$ – количество кассет, устанавливаемых по длине сушилки,

n – число кассет в сушилке, определяется по формуле

$$n = G_m \tau / m$$

m – масса продукта в одной кассете, кг; k' – коэффициент укладки кассет, учитывающий зазоры между ними ($k' = 1,05 \dots 1,1$); l_0 – коэффициент, учитывающий удлинение сушилки за счет зоны стабилизации изделий, м ($l_0 \approx 1,3$ м).

Ширина (м) сушильной камеры

$$B_k = (n_{k,w} n_{\text{ц}} b_k k') + b_w + 2b_0, \text{ где}$$

$n_{k,w}$ – число лотковых кассет, устанавливаемых по ширине сушилки на одном цепном конвейере; $n_{\text{ц}}$ – количество цепных конвейеров в сушилке; b_k – ширина лотковой кассеты, м ($b_k = 0,225$ м); b_w – ширина вентиляционной установки, м ($b_w = 0,4 \dots 0,5$ м); b_0 – расстояние между стенкой сушилки и стопой кассет с продуктом, м ($b_0 = 0,4 \dots 0,7$ м).

Высота (м) сушильной камеры

$$H_k = n_{k,v} h_k 2h_0, \text{ где}$$

$n_{k,v}$ – число лотковых кассет, устанавливаемых по высоте на цепном конвейере; h_k – высота лотковой кассеты, м ($h_k = 0,068$ м); h_0 – расстояние между стеной и полом или перекрытием сушилки, м ($h_0 = 0,4 \dots 0,7$ м).

Длина (м) сушильной камеры для длинных макарон, навешенных на бастуны,

$$L_{\sigma} = \frac{n_{\sigma} t'}{n_{\text{я}}} + l_{\sigma}$$

n_{σ} – число бастунов в сушилке; t' – шаг между бастунами на конвейере, м ($t' = 0,031$ м); $n_{\text{я}}$ – количество ярусов в сушилке; l_{σ} – дополнительная длина сушилки,

учитывающая установку цепных конвейеров для перекладки бастунов, м ($l_6 = 0,5 \dots 0,8$ м).

Число бастунов в сушилке

$$n_6 = G_1 \tau / m, \text{ где}$$

G_1 - масса поступающего в сушилку сырого продукта, кг/ч; рассчитывается по формуле; τ - продолжительность сушки макарон, ч ($\tau = 16 \dots 24$ ч).

Масса изделий (кг) на одном бастуне

$$m = n l_n s \rho \text{ где}$$

n - число формирующих отверстий в матрице; s - площадь поперечного сечения макаронного изделия, м²; ρ - плотность отформованных тестовых заготовок, кг/м³

Развернутая длина (м) сырой макаронной пряжи на бастуне

$$l_n = 4(l_u' + l_u'')\delta, \text{ где}$$

l_u' - длина сухого отрезка макаронных изделий, м ($l_u' = 0,22 \dots 0,25$ м); l_u'' - длина сухих отходов после резки, м ($l_u'' = 0,005 \dots 0,01$ м); δ - коэффициент линейной усадки, макаронных изделий, % ($\delta = 1 \dots 8$ %).

При сушке макарон на бастунах ширина сушильной камеры определяется с учетом расстояния между двумя цепными конвейерами, равного длине бастуна (2 м), и двух воздухопроводов по 0,5 м, т. е., $B_6 = 2 + (2 \cdot 0,5) = 3$ м. Высота (м) такой сушилки зависит от числа ярусов H_6 и рассчитывается по формуле

$$H_6 = 1,2(l_n n_{\text{я}})$$

Габаритные размеры конвейерных ленточных сушилок рассчитывают исходя из массы сырого продукта, поступающего в единицу времени, и продолжительности сушки. Короткие макаронные изделия высыхают значительно быстрее, чем длинные, — за 1...2 ч.

Количество продукта (кг) на лентах

$$G_M = G_1 \tau$$

тогда длина (м) работающей части ленты

$$L_{\text{л}} = \frac{G_M}{\rho_H F_M}$$

ρ_H - насыпная плотность продукта на ленте, кг/м³

F_M - площадь поперечного сечения материала на ленте, м² ($F_M = bh$, где b - ширина слоя на ленте, м, $b = 1,7 \dots 1,8$ м, h - высота слоя на ленте, $h = 0,03 \dots 0,06$ м).

Определив длину работающей части ленты, можно рассчитать скорость (м/ч) движения ленты

$$v = \frac{G_1}{\rho_H F_M}$$

Производительность (кг/ч) конвейерной ленточной сушилки

$$П = bhvp$$

Мощность (кВт) электродвигателя конвейерной сушилки

$$N = \frac{n_d N_1}{\eta_{II} \eta_P \eta_{II}}$$

n_d – число ярусов (лент) сушилки; N_1 – мощность на приводном валу конвейера, кВт; η_{II} – КПД клиноременной передачи ($\eta_{II} = 0,95$); η_P – КПД редуктора ($\eta_P = 0,85$); η_{II} – КПД цепной передачи ($\eta_{II} = 0,94$).

$$N_1 = Pv/1000 \text{ вт, где}$$

P – окружное усилие приводного барабана, Н

Примеры расчетов

Пример 1. Рассчитать тоннельную сушилку для длинных макарон с сушкой изделий в металлических лотковых кассетах, установленных на цепных конвейерах. Производительность сушилки по готовому продукту $П_2 = 375$ кг/ч, удельная теплоемкость сухих веществ макаронного теста $c_s = 1,650$ кДж/(кг.К), влажность продукта начальная $W_1 = 30$ %, конечная $W_2 = 13$ %, температура воздуха на входе в сушилку 58 °С, на выходе из сушилки $t_2 = 36$ °С, $\varphi = 50$ %, продолжительность сушки $t = 16$ ч, масса высушенного продукта в кассете q — 2,5 кг, число металлических кассет на цепном конвейере: по ширине $n' = 2$, по высоте $n'' = 22$, количество цепных конвейеров $k'' = 2$, параметры воздуха в помещении: $t_0 = 22$ °С, $\varphi = 60$ %.

Решение. Определяем массу продукта в единицу времени до сушки по формуле:

$$G_1 = 375 \cdot \frac{100 - 13}{100 - 30} = 466,07 \text{ кг/ч,}$$

тогда количество испаренной влаги в сушилке составит по формуле:

$$u = 466,07 \cdot \frac{30 - 13}{100 - 13} = 91,07 \text{ кг/ч}$$

Удельное влагосодержание свежего и отработавшего воздуха

$$x_0 = 0,622 \cdot 0,6 \cdot 2640 / (0,991 \cdot 10^5 - 0,6 \cdot 2640) = 0,0101 \text{ кг/кг сух.в.}$$

$$x_2 = 0,622 \cdot 0,5 \cdot 5950 / (0,99 \cdot 1 \cdot 10^5 - 0,5 \cdot 5950) = 0,0192 \text{ кг/кг сух.в.}$$

Насыщенное давление при температурах ($t_0 = 22^\circ\text{C}$ и $t_0 = 36^\circ\text{C}$ составляет 2640 и 5950 кг/кг сух.в.

Удельная энтальпия воздуха на входе и выходе из сушилки

$$i_0 = 1,0046 \cdot 22 + 0,0101 / (2500 + 1,8418 \cdot 22) = 47,76 \text{ кДж/кг сух.в}$$

$$i_2 = 1,0046 \cdot 36 + 0,0192 / (2500 + 1,8418 \cdot 36) = 85,44 \text{ кДж/кг сух.в.}$$

Удельный расход свежего воздуха

$$l = \frac{1}{0,0192 - 0,0101} = 109,89 \text{ кг/кг}$$

исп.вл.

Полный расход сухого воздуха - по формуле:

$$L = 109,89 \cdot 91,07 = 10007,7 \text{ кг/ч сух.в.}$$

Находим удельный объём влажного воздуха V_0 (м^3), приходящийся на 1 кг сух.в.

$$V_0 = 228 \cdot 295 / (0,991 \cdot 10^5 - 0,6 \cdot 2640) = 0,8712 \text{ м}^3/\text{кг сух.в.}$$

Определяем объём влажного воздуха

$$V = 10007,7 \cdot 0,8712 = 8718,7 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Суммарная мощность электродвигателей, необходимая для перемещения воздуха в сушилке

$$N = \frac{2,42 \cdot 4000}{1000 \cdot 0,9 \cdot 0,95 \cdot 0,8} = 14,2 \text{ кВт}$$

Определяем габаритные размеры тоннельной сушилки.

Необходимое количество металлических кассет для сушки макарон

$$n = \frac{375 \cdot 16}{2,50} = 2400$$

Длина сушильной камеры:

$$L_K = 0,364 \cdot \frac{2400}{2 \cdot 22} \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 28,39 \text{ м.}$$

Ширина сушильной камеры:

$$B_K = 2 \cdot 2(0,225 \cdot 1,1) + 0,5 + 2 \cdot 0,5 = 2,49 \text{ м.}$$

Высота сушильной камеры:

$$H_K = 22 \cdot 0,068 + 2 \cdot 0,5 = 2,5 \text{ м.}$$

Определяем затраты теплоты по статьям расхода.

Влажность материала в расчете на сухую массу находим для $W_I = 30\%$

$$W^C = \frac{100 \cdot 30}{100 - 30} = 42,86\%$$

Подставляя соответствующие значения, находим удельную теплоемкость сырых изделий при влажности $W^C = 42,86\%$:

$$c_{M2} = 1650 + 15,49 \cdot 42,86 = 2313,86 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}.$$

Определяем температуру макаронных изделий на входе и выходе из сушилки, принимая во внимание, что температура изделий на выходе из сушилки на $2...3^\circ\text{C}$ ниже средней температуры воздуха в сушилке. Подставляя значения в формулу, находим

$$\theta_{M2} = \frac{58 + 36}{2} - 3 = 44^\circ \text{C}$$

Температуру макаронных изделий на входе в сушилку принимаем $\theta_{M1} = 29^\circ\text{C}$, тогда количество теплоты на нагревание макаронных изделий равно:

$$Q_M = 466,07 \cdot 2,3138 \cdot (44 - 29) = 16175,9 \text{ кДж/ч}$$

Для определения количества теплоты на нагревание металлических кассет в сушилке находим массу кассет, проходящих в час через сушилку:

$$G_T = \frac{2400 \cdot 0,88}{16} = 132 \text{ кг/ч}$$

Температура кассет на выходе из сушилки равна средней температуре воздуха в сушилке, т. е. $\theta_{T2} = (58+36)/2 = 47^\circ\text{C}$. Температура кассет на входе в сушилку равна температуре воздуха в помещении, т. е. $t_0 = \theta_{T1} = 22^\circ\text{C}$

Удельная теплоемкость материала, из которого изготовлены кассеты (алюминий), $c_T = 0,896 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$, тогда количество теплоты на нагревание кассет равно

$$Q_T = 132 \cdot 0,896 \cdot (47 - 22) = 2956,8 \text{ кДж/ч.}$$

Потери теплоты с воздухом, выходящим из сушилки:

$$Q_B = 109,89 \cdot 91,07 \cdot (85,49 - 47,76) = 377090 \text{ кДж/ч.}$$

Определяем суммарную площадь ограждений сушилки

$$F = 2(L_K H_K) + 2(B_K H_K) + (L_K B_K);$$

$$F = 2 \cdot (28,39 \cdot 2,5) + 2 \cdot (2,49 \cdot 2,5) + (28,39 \cdot 2,49) = 225,09 \text{ м}^2.$$

Потери теплоты ограждениями сушилки рассчитываем по формуле:

$$Q_0 = 1,8 \cdot 225,09 \cdot 18 = 7292,92 \text{ кДж/ч,}$$

Определяем суммарное количество по статьям расхода:

$$Q = Q_M + Q_T + Q_B + Q_0$$

$$Q = 16175,9 + 2956,8 + 377090,14 + 7292,92 = 403515,76 \text{ кДж/ч.}$$

Строим процесс сушки макарон в I -х-диаграмме (рис.1), определяем состояние воздуха после калорифера – точка B на пересечении изотермы $t_I = 58^\circ\text{C}$ и линии $t'_{M1} = 28^\circ\text{C}$ (температура смоченного термометра). Для этого воздуха $x_I = 0,0101 \text{ кг/кг сух. в.}$; $I_I = 85,44 \text{ кДж/кг сух. в.}$, $\phi_I = 9\%$, Состояние свежего воздуха – точка A на пересечении линий $x_I = x_0 = 0,0101 \text{ кг/кг сух. в.}$ и изотермы $t_0 = 22^\circ\text{C}$. Для этого воздуха $I_0 = 47,76 \text{ кДж/кг сух. в.}$, $\phi = 60\%$. Состояние отра-

ботавшего воздуха – точка C на пересечении линии $\varphi_2 = 50\%$ и изотермы $t_2 = 36^\circ\text{C}$, для этого воздуха $x_2 = 0,019$.

Определяем поверхность нагрева калорифера, предварительно рассчитав по формуле средний температурный напор

$$\Delta t_{cp} = \frac{(133,54 - 22) - (133,54 - 58)}{2,31g \frac{133,54 - 22}{133,54 - 58}} = 92,3^\circ\text{C}$$

Подставляем числовые значения в формулу, принимаем $Q_d = 377090,14$ кДж/кг, получаем

$$F_k = \frac{377090,14}{40 \cdot 92,3} = 102,14 \text{ м}^2$$

Коэффициент полезного действия сушилки составит

$$\eta = \frac{r}{q_d} = \frac{2434,2 \cdot 100}{4140} = 59\%$$

Удельную теплоту парообразования $r = 2434,2$ кДж/кг для температуры смоченного термометра $t_{MI} = 28^\circ\text{C}$.

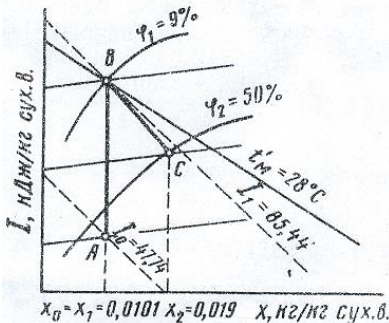


Рис. 1 – Диаграмма $I-x$

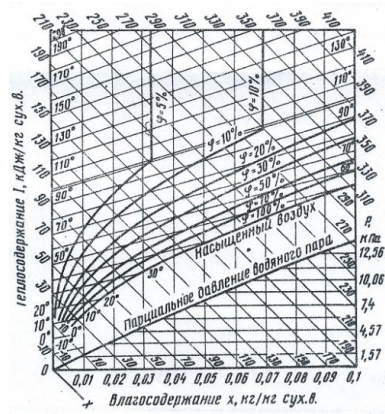


Рис. 2 – Построение процесса сушки по диаграмме $I-x$

Пример 2. Рассчитать конвейерную пятиленточную сушилку производительностью 1000 кг/ч макаронных изделий (вермишель) с частичной рециркуляцией отработавшего воздуха при кратности смешивания 3. Параметры отработавшего воздуха $t_2 = 45^\circ\text{C}$, $\varphi_2 = 50\%$. Параметры воздуха в цехе при $B = 10^5$ Па: $t_0 = 20^\circ\text{C}$, $\varphi_0 = 60\%$. Окружное усилие на приводном барабане $P = 3700$ Н

Решение. Для определения расхода свежего воздуха по формуле рассчитываем удельное влагосодержание воздуха, поступающего на сушилку и отработавшего,

$$x_0 = 0,622 \cdot \frac{0,6 \cdot 0,0234 \cdot 10^5}{10^5 - 0,6 \cdot 0,0234 \cdot 10^5} = 0,009 \text{ кг/кг сух. в.}$$

$$x_2 = 0,622 \cdot \frac{0,5 \cdot 0,0957 \cdot 10^5}{10^5 - 0,5 \cdot 0,0957 \cdot 10^5} = 0,032 \text{ кг/кг сух. в.}$$

Давление насыщенного пара $p_{\text{нас}}$ при $t_0 = 20^\circ\text{C}$ и $t_2 = 45^\circ\text{C}$

По формуле находим 0,0234 и 0,0957 Па.

$$l = \frac{1}{0,032 - 0,009} = 43,5 \text{ кг/кг исп. вл.}$$

Удельный расход циркулирующего воздуха

$$l_n = l(n + 1); l_n = 43,5(3 + 1) = 179 \text{ кг/кг исп.вл.}$$

Находим количество испаренной из материала влаги в процессе сушки

$$u = 1000 \cdot \frac{30 - 13}{100 - 13} = 195,4 \text{ кг/кг}$$

Принимаем объем влажного воздуха $V_0 = 0,8712 \text{ м}^3/\text{кг сух. в.}$

Определяем расход воздуха на сушку

$$V = 43,5 \cdot 195,4 \cdot 0,8712 = 7405,11 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Мощность электродвигателей, необходимая для перемещения воздуха в сушилке,

$$N = \frac{2,06 \cdot 200}{1000 \cdot 0,9 \cdot 0,8} = 0,57 \text{ кВт}$$

Рассчитываем количество продукта на лентах $G_m = 1000 \cdot 1,5 = 1500 \text{ кг}$, тогда суммарная длина всех работающих лент сушилки

$$L_n = 1500/408 \cdot (1,8 \cdot 0,05) = 40,85 \text{ м.}$$

Насыпную плотность вермишели берем $\rho_n = 408 \text{ кг/м}^3$

Рабочая длина одного ленточного конвейера $l_c = 40,85:5 = 8,17 \text{ м.}$

Определяем скорость движения лент сушилки

$$v = 1000/408(18 \cdot 0,05) = 27,23 \text{ м/ч.}$$

Окружное усилие на приводном барабане дано в задании

Мощность на приводном валу:

$$N_l = 3700 \cdot 0,0076/1000 = 0,028 \text{ кВт.}$$

Подставляя это значение в формулу, получим значение мощности для всей сушилки

$$N = \frac{0,028 \cdot 5}{0,95 \cdot 0,85 \cdot 0,94} = 0,18 \text{ кВт}$$

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	10,0-11,0	-
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

Мука 1-ого 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 $\text{М} \cdot 10^{-3}, \text{Па} \cdot \text{с}$
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
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
Сыворотка сырная	U

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

Продукт	Влаго- содержание u , кг/кг	Плот- ность ρ , кг/м ³	Теплофизические характеристики		
			удельная теплоем- кость c , Дж/(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	ИЗО	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, °C	Теплопровод- ность, Вт/(м·К)	Плотность, кг/м ³	Удельная теп- лоемкость, 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 (C = 0,5%)	20	53,6	7830	0,465	14,7
Сталь нержавеющая IX18N9T	20	16,0	7900	0,502	4,04
Асбест лиловый	30	0,1163	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 обыкновен- ный	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	-	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 трех- сортный	Выход муки сорта			Побочные продукты		Отходы, категория	
	Высшего	1-го	2-го	мучка	отруби	I и II	III
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 высоко-го сорта.

Помол	Выход муки		Побочные продукты		Отходы, категория	
	1-го	2-го	мучка	отруби	I и II	III
Двухсортный 75%-ый	50	25	3,0	18,5	2,8	0,7
	55	20	3,0	18,4	2,8	0,7
	60	15	3,0	18,5	2,8	0,7
Двухсортный 78%-ый	40	38	-	18,4	2,8	0,7
	45	33	-	18,5	2,8	0,7
	50	28	-	18,4	2,8	0,7
Односортный 72%-ый	72	-	6,0	18,4	2,8	0,7
Односортный 85%-ый	-	85	-	11,5	2,8	0,7
Односортный 96%-ый	-	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 первого сорта.

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

Помол	Выход муки сорта			Побочные продукты		Отходы, категории	
	сеяной	обдир-ной	обой-ной	мучка	отру-би	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	30	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	толокно
Крупа недробленная высшего сорта	15	10	10	10	-	-
Крупа недробленная 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	5,2
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
Усущка	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 спроста

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
Творог зерненный, жирностью 6%	2,8
Наименование продукта	Коэффициент
Ряженка и ацидофильная паста жирностью 8%	2,5
Сырковая масса и сырки сладкие и соленные	5,4
Твороженная 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	3,38	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
Индеек	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
Утята	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	Жиры	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 отрубов 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
Тазобедреннопоясничный	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. Коэффициент перевода 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 потрошения	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 скоты	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
Подсвиники 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
4,2	7500	2,49	4,98	8,72
4,3	7326	2,43	4,85	8,50
1	2	3	4	5
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, %	Расхода 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
3,8	23,16	22,87
3,9	22,55	22,28
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. Нормы расхода сливок на изготовление
1 т сливочного масла, т

Жирность сливок, %	Масло	
	несоленное	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
33	2,544	2,514
34	2,469	2,440
35	2,398	2,369
36	2,330	2,302
37	2,267	2,240
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
4,4	10,8	10,7

Таблица 36. Термодинамические свойства
водяного пара (по температуре)

Темпе- ратура, °С	Дав- ление, кПа	Эн- таль- пия, кДж/кг	Теплота парообра- зования, кДж/кг	Плот- ность, кг/м ³	Темпе- ратура, °С	Дав- ление, кПа	Эн- таль- пия, кДж/кг	Теплота парообра- зования, кДж/кг	Плот- ность, кг/м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15	1,71	2527,9	2465,1	0,0128	41	7,75	2575,2	2403,6	
16	1,82	2529,6	2462,6		42	8,20	2576,9	2401,1	
17	1,94	2531,3	2460,1		43	8,64	2578,6	2398,6	
18	2,06	2562,9	2457,6		44	9,10	2580,2	2396,1	
19	2,19	2535,0	2455,5		45	9,57	2581,9	2393,6	0,0654
20	2,34	2536,7	2453,0	0,0173	46	10,10	2583,6	2391,0	
21	2,49	2538,4	2450,5		47	10,62	2585,7	2388,9	
22	2,64	2540,5	2448,4		48	11,15	2587,4	2386,4	
23	2,82	2542,2	2445,9		49	11,75	2598,0	2383,9	
24	2,98	2544,3	2443,8		50	12,35	2591,1	2381,8	0,0830
25	3,17	2546,9	2441,3	0,0230	51	12,99	2592,8	2379,3	
26	3,36	2547,6	2438,8		52	13,61	2594,5	2376,8	
27	3,56	2549,7	2436,7		53	14,40	2596,6	2374,7	
28	3,78	2551,4	2434,2		54	15,01	2598,2	2372,2	
29	4,00	2553,5	2432,1		55	15,75	2599,9	2369,7	0,1043
30	4,24	2555,1	2429,6	0,0306	56	16,38	2602,0	2367,6	
31	4,46	2556,8	2427,0		57	17,30	2603,7	2365,1	
32	4,86	2558,9	2424,9		58	18,20	2605,4	2362,6	
33	5,10	2560,6	2422,4		59	19,05	2607,0	2360,1	
34	5,33	2562,3	2419,9		60	19,92	2608,7	2357,6	0,1301
35	5,63	2564,3	2417,8	0,0396	61	20,64	2610,4	2355,0	
36	5,95	2566,0	2415,3		62	21,81	2612,1	2352,5	
37	6,27	2567,7	2412,8		63	22,81	2613,7	2350,0	
38	6,63	2569,8	2410,7		64	23,88	2615,4	2347,5	
39	6,99	2571,5	2408,2		65	25,01	2617,1	2345,0	0,1611
40	7,35	2573,1	2405,7	0,0511	66	26,20	2618,8	2342,5	

Кафедра механизации животноводства
и переработки сельскохозяйственной продукции

З а д а н и е

на выполнение КР по дисциплине
Процессы и аппараты пищевых производств

Направление подготовки 35.03.06. "Агроинженерия" профиль "Технические системы и роботизация пищевых производств."

Курс.....группа.....

Студент.....
(ф.и.о)

Тема КР.....

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Работа состоит из расчетно-пояснительной записки (РПЗ) и графической части.

Расчетно-графическая работа содержит пояснительную записку объемом 18...20 страниц, и графическую часть, включающую 2 листа, формата А3.

Структура РПЗ:

Введение

Значение разрабатываемого процесса в пищевых технологиях. Термины и определения, применяемые в работе.1 страница

1. Теоретические основы процесса.

Движущая сила процесса, баланс веществ, энергии. Структурные схемы технологических процессов.5-6 страниц

2. Оборудование для реализации разрабатываемого процесса.

Классификация, особенности устройства. Основы расчета основных параметров: сил, скоростей, производительности, энергоемкости. Расчет одного аппарата.10-11 страниц

3. Патентный поиск.

Тенденции совершенствования, перспективы развития аппаратов для реализации разрабатываемого процесса.4-5 страниц

Графическая часть

1-й лист. Классификация аппаратов.

2-й лист. Схема аппарата (машины) по результатам патентного поиска.

Календарный план выполнения работы

№п/п	Вид работы	Срок выполнения
	Теоретические основы процесса.	
	Оборудование для реализации разрабатываемого процесса.	
	Патентный поиск.	
	Срок сдачи законченной работы	

Дата выдачи задания _____

Задание принял к исполнению (дата) _____

Подпись студента _____

Зав. кафедрой МЖ и ПСХП, к.т.н., доцент _____ А.А. Мезенов

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гальперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии / Н.И. Гальперин. - М.: Химия, 1981. - 811 с.
2. Геккер И.Е. Процессы и аппараты пищевых производств / И.Е. Геккер. - М.: Госторгиздат, 1963. - 292 с.
3. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты / Ю.И. Дытнерский. - М.: Химия, 1992. - Т.1.- 416 с.
4. Жужжиков В.А. Фильтрование: теория и практика разделения суспензий / В.А. Жужжиков. - М.: Химиздат, 1980. - 397 с.
5. Жужжиков В.А. Фильтрование / В.А. Жужжиков. - М.: Химия, 1980. - 420 с.
6. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевых производств / Г.Д. Кавецкий, А.В. Королев. - М.: Агропромиздат, 1991. - 432 с.
7. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевых производств / Г. Д. Кавецкий, В.В. Васильев. - М.: Колос, 2000. - 551 с.
8. Кавецкий Г. Д. Технологические процессы и производства / Г.Д. Кавецкий, А.В. Воробьева. - М.: Колос, 2006. - 368 с.
9. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов / А.Г. Касаткин. - М.: Альянс, 2005. - 753 с.
10. Кондратов А.Ф. Практикум по механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции / А.Ф. Кондратов, М.Н. Мефодьев, В.П. Ожигов. - Новосибирск: НГАУ, 2002. - Ч. 1. - 62 с.
11. Кондратов А.Ф. Расчет технологической линии первичной обработки молока / А.Ф. Кондратов, В.П. Ожигов, М.Н. Мефодьев, А.П. Лисица. - Новосибирск: НГАУ, 2003. - 28 с.
12. Кондратов А.Ф. Механизация животноводства / А.Ф. Кондратов, В.П. Ожигов М.Н. Мефодьев, Н.А. Петухов. - Новосибирск: НГАУ, 2005. - 552 с.
13. Кондратов А.Ф. Практикум по механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции / А.Ф. Кондратов, М.Н. Мефодьев, В.П. Ожигов. - Новосибирск: НГАУ, 2006. - 4.2. - 32 с.
14. Космодемьянский Ю.В. Процессы и аппараты пищевых производств / Ю.В. Космодемьянский. - М.: Колос, 1997. ~ 208 с.
15. Кук Г.А. Процессы и аппараты молочной промышленности / Г.А.Кук. - М.: Пищ. пром-сть, 1973 768 с.
16. Липатов Н.Н. Процессы и аппараты пищевых производств / Н.Н. Липатов. - М.: Экономика, 1987. - 272 с.
17. Логинов А.В. Практикум по процессам и аппаратам химических и пищевых производств: учеб. пособие / А.В. Логинов, Л.Н. Ананьев, Ю.В. Красовицкий, Е.В. Энтин. - Воронеж.: Воронеж, гос. технол. акад., 2003. - 336 с.
18. Лукьяненко В.М. Промышленные центрифуги / В.М. Лукьяненко, А.В. Таропец. - М.: Химия, 1974. - 376 с.

19. Лунев В.Д. Фильтрование в химической промышленности / В.Д. Лунев, Ю.А. Емельянов. - Л.: Химия, 1982. - 72 с.
20. Малахов Н.Н. Процессы и аппараты пищевых производств / Н.Н. Малахов, Ю.М. Плаксин, В.А. Карин. - Орел: ГТУ, 2001. - 687 с.
21. Машиностроение: энциклопедия. Т.1У-ХУП: Машины и оборудование пищевой и перерабатывающей промышленности / С.А. Мачихин, В.Б. Акопян, С.Т. Антипов; под ред. С.А. Мачихина. - М.: Машиностроение, 2003. - 736 с.
22. Машины и аппараты пищевых производств: учеб. для вузов: в 2 кн. / С.Т. Панфилов и [др.]; под ред. С.Т. Панфилова. - М.: Высшая школа, 2001. - Кн.1 — 703 с.
23. Машины и аппараты пищевых производств: учеб. для вузов: в 2 кн. / С.Т. Панфилов и [др.]; под ред. С.Т. Панфилова. - М.: Высш. шк., 2001. - Кн. 2. - 680 с.
24. Машины и оборудование, приборы и средства автоматизации для перерабатывающих отраслей АПК/ Н.К. Савельева и [др.]; под ред. Н.К. Савельева. -М.: Информагротех, 1992. -353 с.
25. Мефодьев М.Н. Основы расчета и конструирования машин для сельскохозяйственных перерабатывающих предприятий: лекция / М.Н. Мефодьев. - Новосибирск: НГАУ, 2001.- 22 с.
26. Мефодьев М.Н. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов перерабатывающих производств: методика курсового проектирования / М.Н. Мефодьев. - Новосибирск: НГАУ 2006. - 31с.
27. Мефодьев М.Н. Процессы и аппараты пищевых производств: методика курсового проектирования / М.Н. Мефодьев. - Новосибирск: НГАУ, 2006. - 15 с.
28. Плановский А.Н. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии / А.Н. Плановский, П.И. Николаев. - М.: Химия, 1987.-496 с.
29. Процессы и аппараты пищевых производств: учеб. для вузов: в 2 кн. / А.Н. Остриков и [др.]; под ред. А.Н. Острикова. — СПб.: ГИОРД, 2007. – Кн. 1. – 704 с.
30. Процессы и аппараты пищевых производств: учеб. для вузов: в 2 кн. / А.Н. Остриков и [др.]; под ред. А.Н. Острикова. - СПб.: ГИОРД, 2007. - Кн. 2. - 697 с.
31. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, микро-кинетика, подобие, моделирование, проектирование / Д.А. Баранов и [др.]; под ред. А.М. Кутепова. - М.: Логос, 2000. - 480 с.
32. Расчеты и задачи по процессам и аппаратам пищевых производств: учеб. пособие / под ред. С.М. Гребенюка. - М.: Агропромиздат, 1987.-304 с.

Составители: *Мезенов Артем Анатольевич*
Пишенов Евгений Александрович

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Методика выполнения курсовой работы