

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»
Высшая школа технологии и энергетики
Кафедра машин автоматизированных систем

ОСНОВЫ МЕХАНИЗАЦИИ ЦЕЛЛЮЛОЗНО- БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Выполнение курсовой работы

Методические указания для студентов всех форм обучения
по направлению подготовки

15.03.02 — Технологические машины и оборудование

Составители:
В. А. Марков
Ю. А. Тотухов
Ю. И. Беленький
И. С. Артамонов

Санкт-Петербург
2024

Утверждено
на заседании кафедры МАС
18.04.2024 г., протокол № 7

Рецензент А. В. Теппоев

Методические указания соответствуют программам и учебным планам дисциплины «Основы механизации целлюлозно-бумажного производства» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование». В указаниях представлен порядок выполнения и оформления курсовой работы. Приведены примеры расчета типичных задач, а также структура курсовой работы.

Методические указания предназначены для бакалавров очной и заочной форм обучения.

Утверждено Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД в качестве методических указаний

Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202016, по паролю.
- Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 24.09.2024 г. Рег.№ 5002/24
Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД
198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4.

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2024

СОДЕРЖАНИЕ:

ВВЕДЕНИЕ	4
Часть 1. Курсовая работа.....	5
Часть 2. Задачи для курсовой работы.....	7
Задача 1. Определение длины фронтов.....	7
Задача 2. Определение необходимого количества машин	9
Задача 3. Определение необходимого количества автощеповозов.....	10
Задача 4. Расчет ленточного конвейера для сыпучего груза	12
Задача 5. Расчет ленточного конвейера для щепы.....	14
Задача 6. Расчет шнекового конвейера	16
Задача 7. Расчет пневмотранспортной установки.....	17
Задача 8. Расчет параметров ПТУ.....	20
Задача 9. Определение параметров ПТУ	23
Задача 10. Расчет необходимого числа бункеров	25
Задача 11. Расчет параметров ленточного конвейера для рулонов.....	26
Задача 12. Расчет надежности фрикционного захвата	28
Задача 13. Определение необходимого количества погрузчиков	30
Задача 14. Расчет параметров роликового конвейера	33
Задача 15. Расчет параметров склада круглого леса.....	36
Задача 16. Расчет параметров склада наливного груза	37

ВВЕДЕНИЕ

Механизация производства – это процесс внедрения механических, автоматических и роботизированных систем и устройств для оптимизации различных этапов и операций в производственных процессах. Она направлена на увеличение эффективности, производительности, качества и безопасности в производстве.

Внедрение механического оборудования позволяет проводить различные процессы и операции с использованием машин, устройств и инструментов. Это может включать транспортные, складские и ремонтные работы, а также ряд вспомогательных операций. Механическое оборудование повышает точность, эффективность и скорость выполнения операций, а также увеличивает производительность.

Преимущества механизации производства включают повышение производительности, снижение затрат на трудовые ресурсы, повышение качества и точности, сокращение времени производства, улучшение безопасности и снижение риска ошибок.

Необходимо отметить, что механизация производства требует анализа и планирования для определения подходящих механических систем и методов, а также инвестиций в оборудование и обучение персонала. Важно выбирать и внедрять технологии, которые наиболее соответствуют конкретным потребностям и целям производства.

В данных методических указаниях разбирается ряд практических задач, связанных с механизацией транспортных, технологических и складских операций. Выполнение задач осуществляется по вариантам, в соответствии с последней цифрой шифра зачетной книжки (студенческого билета). Для каждой задачи в таблице приведены вариативные значения параметров, с учетом которых студенту необходимо найти решение. Не вариативные параметры принимаются студентом из примера решения задачи, приведенного в методических указаниях.

ЧАСТЬ 1. КУРСОВАЯ РАБОТА

Курсовая работа является важной частью обучения бакалавров по направлению 15.03.02 «Технологические машины и оборудование». Результаты выполнения курсовой работы по дисциплине «Основы механизации целлюлозно-бумажного производства» могут лечь в основу выпускной квалификационной работы.

Структура курсовой работы:

1. Введение. В данном разделе студент формулирует основные положения дисциплины, цели и задачи курсовой работы, а также актуальность выбранной темы. Вариант работы выбирается студентом, исходя из последней цифры шифра зачетной книжки (студенческого билета), в соответствии с таблицей 1.1.

2. Описательный раздел. В данном разделе задачей студента является составление схемы механизации транспортных или производственных процессов в соответствии с выбранным вариантом. Кроме того, требуется произвести описание физико-механических (при необходимости химических) свойств сырья или продукции и, исходя из этих параметров, выбрать тип склада. В зависимости от годовой производственной программы студенту необходимо выбрать средства механизации и определить их количество.

3. Технологический раздел. В данном разделе студентом производятся технологические расчеты, связанные с механизацией производства. За основу берется не менее 2-х задач из 2-й части данных методических указаний. Одна из задач должна быть логистической (транспортной), а вторая – технологической. Студент также может предложить свой вариант технологических задач при согласовании с преподавателем.

4. Специальный раздел. Данный раздел может быть посвящен (по согласованию с преподавателем) следующим проблемам: конструкторской разработке средств механизации, планировке цеха, планировке склада, безопасности жизнедеятельности при работе со средствами механизации, автоматизации определенных операций и др.

5. Заключение. В данном разделе студент подводит итог выполненных работ, формулирует выводы и рекомендации.

6. Список использованной литературы. Список литературы должен насчитывать не менее 5 источников.

Курсовая работа выполняется по вариантам. Вариант задания согласовывается с преподавателем. Объем работы составляет 15-20 страниц печатного текста формата А4. Рекомендации по оформлению текстовой части курсовой работы можно найти в электронной библиотеке ВШТЭ <https://nizrp.narod.ru/recomedation.pdf>.

Таблица 1.1 – Варианты заданий для курсовой работы

№ варианта	Задание
0	Механизация работ по приему и хранению карбоната кальция, поставляемого навалом в крытых ж/д вагонах
1	Механизация работ по приему каолина, поставляемого навалом в крытых ж/д вагонах
2	Механизация работ по приему технологической щепы, поставляемой в ж/д полувагонах
3	Механизация работ по приему технологической щепы, поставляемой в автощеповозах
4	Механизация работ на открытом складе технологической щепы
5	Механизация работ на складе древесного баланса
6	Механизация работ по приему кальцинированной соды, поставляемой ж/д транспортом
7	Механизация работ на складе жидкого хранения сульфата алюминия
8	Механизация работ на складе готовой продукции в рулонах
9	Механизация работ на складе готовой продукции в кипах

Рекомендации по выбору задач, исходя из номера варианта:

1. Транспортная (логистическая задача):

Задачи 1 и 2 универсальны и могут использоваться в качестве транспортных (логистических) задач для любого варианта.

2. Технологическая задача:

0 вариант – подходят задачи № 4,6,7,10

1 вариант – подходят задачи № 4,6,7,10

2 вариант – подходят задачи № 4,5,8,9

3 вариант – подходят задачи № 3,5,8,9

4 вариант – подходят задачи № 4,5,8,9

5 вариант – подходят задачи № 11,14,15

6 вариант – подходят задачи № 4,6,7,10

7 вариант – подходят задачи № 6,16

8 вариант – подходят задачи № 11,13

9 вариант – подходят задачи № 12,14

ЧАСТЬ 2. ЗАДАЧИ ДЛЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Задача 1. Определение длины фронтов

Рассчитать длину фронтов погрузочно-разгрузочных работ для транзитного склада со стороны железнодорожных путей и со стороны обслуживания автотранспорта, а также количество подаваемых автомобилей. Схема фронтов представлена на рисунке 1.

Исходные данные:

- длина склада $L_c = 108$ м;
- объем одной поставки $Q = 750$ т;
- число смен работы склада $n = 1$ см/сут, продолжительностью $t_{см} = 12$ ч;
- одновременно подается $Z_b = 3$ вагона;
- вместимость одного вагона $q_b = 25$ т;
- длина одного вагона $l_b = 15$ м;
- вместимость одной автомашины $q_a = 5$ т;
- стандартный шаг между машинами $l_a = 12$ м;
- нормативное время обработки одной тонны груза в автомобиле $[T_H] = 0,07$ ч;
- продолжительность вспомогательных операций при обработке машины $t_{пр} = 0,1$ ч.

Решение:

1. Расчетная максимальная длина фронта приема ж/д транспорта

$$L_{фж} = \frac{Q \times l_b}{q_b \times z_b} = \frac{750 \times 15}{25 \times 3} = 150 \text{ м.}$$

2. Длина фронта для обслуживания одной ставки вагонов

$$L_{ф.ст} = l_b \times z_b = 15 \times 3 = 45 \text{ м.}$$

3. Расчетная продолжительность обработки одного автомобиля

$$t_a = [T_H] \times q_a + t_{пр} = 0,07 \times 5 + 0,1 = 0,45 \text{ ч.}$$

4. Расчетная максимальная длина фронта обслуживания автотранспорта

$$L_{ф.а} = \frac{Q \times l_a \times t_a}{q_a \times n \times t_{см}} = \frac{750 \times 12 \times 0,45}{5 \times 1 \times 12} = 67,5 \text{ м.}$$

5. Общая масса одновременно подаваемого груза определяется:

$$Q_{одн} = z_b \times q_b = 3 \times 25 = 75 \text{ т.}$$

6. Максимальное количество подаваемых автомобилей определяется:

$$z_{max} = \frac{Q_{одн}}{q_a} = \frac{75}{5} = 15 \text{ шт.}$$

7. Определим максимальное количество одновременно подаваемых автомобилей:

$$z_a = \frac{L_{\phi a}}{l_M + l_a} + 1 = \frac{67,5}{2 + 12} + 1 = 5,8 \approx 5 \text{ шт}$$

при l_M – ширина машины, примем $l_M = 2$ м.

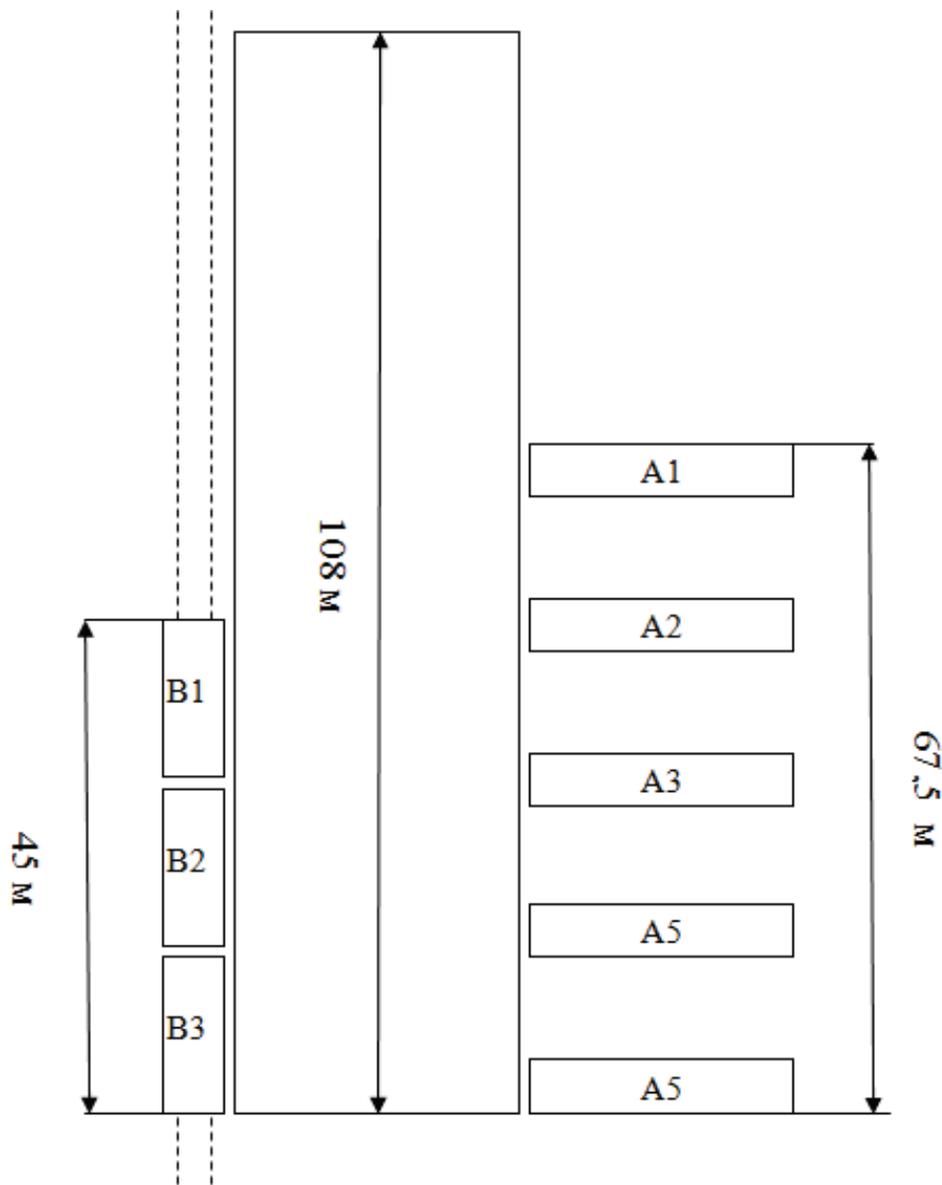


Рисунок 1 – Схема погрузочно-разгрузочного фронта

Выводы и рекомендации:

1. Условие $L_c \geq L_{\phi,св}$ и $L_c \geq L_{\phi,а}$, соответственно погрузочно-разгрузочные работы для транзитного склада возможны.
2. Длина склада позволяет увеличить число одновременно разгружаемых вагонов и автомобилей.

Таблица 2.1 – Варианты заданий для задачи №1

Параметр	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
L_c , м	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Q , т	500	600	700	800	900	500	600	700	800	900
t_{cm} , ч	8	12	8	12	8	12	8	12	8	12
z_6 , шт.	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6
q_6 , т	25	20	15	25	20	15	25	20	15	25
l_6 , м	20	18	16	20	18	16	20	18	16	20
q_a , т	5	4	3	5	4	3	5	4	3	5
l_a , м	6	8	10	12	6	8	10	12	6	8
T_n , ч	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
t_{np} , ч	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2

Контрольные вопросы

1. Какие функции выполняет транзитный склад?
2. Что такое разгрузочно-погрузочный фронт?
3. Приведите примеры точечного и линейного фронта.
4. Что входит в состав ж/д фронта?

Задача 2. Определение необходимого количества машин

Определить необходимое количество машин периодического действия и фактическую продолжительность обработки партии вагонов с грузом.

Исходные данные:

- количество груза в партии вагонов $m_c = 300 \text{ т}$;
- вместимость одного вагона $q = 60 \text{ т}$;
- нормативное время обработки партии вагонов $[T_n] = 5 \text{ ч}$;
- продолжительность технологических перерывов в работе машин $t_{np} = 0,2 \text{ ч}$;
- продолжительность одного цикла работы машины $T_{ц} = 60 \text{ с}$;
- разовая грузоподъемность машины $m = 1 \text{ т}$;
- коэффициенты загрузки $k_{зр}$ и использования времени работы $k_{вр}$ машины равны соответственно 0,75 и 0,8.

Решение:

1. Определим требуемую производительность при обработке партии вагонов:

$$P_{тр} = \frac{m_c}{[T_n] - t_{np}} = \frac{300}{5 - 0,2} = 62,5 \text{ т/ч.}$$

2. Техническая производительность одной машины периодического действия

$$P_T = \frac{3600m}{T_{ц}} = \frac{3600 \times 1}{60} = 60 \text{ т/ч.}$$

3. Определим эксплуатационную производительность одной машины:

$$P_{э} = P_T \times K_{гр} \times K_{вр} = 60 \times 0,75 \times 0,8 = 36 \text{ т/ч.}$$

4. Определим требуемое количество машин:

$$n = \frac{P_{тр}}{P_{э}} = \frac{62,5}{36} = 1,74 \text{ шт.}$$

Принимаем $n = 2$ машины.

5. Продолжительность механизированной обработки партии из 5 вагонов (по $q=60$ т груза в каждом)

$$T_M = \frac{m_c}{P_{э} \times n} + t_{пр} = \frac{300}{36 \times 2} + 0,2 = 4,4 \text{ ч.}$$

Выводы и рекомендации:

Расчет показывает, что $T_H > T_M$, следовательно, выбор количества машин для обработки партии вагонов оправдан.

Таблица 2.2 – Варианты заданий для задачи №2

Параметр	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
m_c , т	200	300	400	500	600	200	200	400	500	600
q , т	10	20	30	40	50	50	40	30	20	10
T_H , ч	3	4	5	6	3	4	5	6	2	7
$t_{пр}$, ч	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2
$T_{ц}$, с	60	50	40	70	60	50	40	30	70	60
m , т	0,8	0,9	1	1,2	1,4	1,4	1,2	1	0,9	0,8
$K_{гр}$	0,9	0,6	0,8	0,85	0,6	0,7	0,65	0,7	0,9	0,9
$K_{вр}$	0,9	0,75	0,7	0,95	0,6	0,8	0,95	0,7	0,65	0,9

Контрольные вопросы

1. Приведите примеры машин периодического действия.
2. Что происходит во время технологических перерывов?
3. В чем разница между понятиями техническая и эксплуатационная производительность?

Задача 3. Определение необходимого количества автощеповозов

Рассчитать необходимый парк автощеповозов для доставки на предприятие технологической щепы.

Исходные данные:

- годовой объем поставки $Q = 100000$ пл. м³/год;

- расстояние перевозки $L = 300$ км;
- средняя скорость движения $V_{cp} = 50$ км/ч;
- грузоподъемность автощеповоза $G = 20$ т;
- плотность древесной щепы $\rho = 0,75$ т/пл. м³;
- объем кузова автопоезда $V = 70$ м³;
- коэффициент полнодревесности щепы $k_{ПД} = 0,36$;
- число рабочих дней в году $D = 250$ дн;
- продолжительность смены $T = 480$ мин;
- число смен $n = 2$ см/сут;
- продолжительность загрузочно-погрузочных операций на 1 автощеповоз $t_1 = 70$ мин;
- продолжительность подготовительно-заключительных операций на 1 автощеповоз $t_2 = 25$ мин;
- коэффициент, учитывающий потери рабочего времени $k_1 = 0,9$;
- коэффициент технической готовности $k_2 = 0,8$;
- коэффициент, учитывающий необходимый резерв $k_3 = 0,17$.

Решение:

1. Определим объемную загрузку одного автощеповоза:

$$q_{П} = \frac{G}{\rho} = \frac{20}{0,75} = 26,7 \text{ пл. м}^3.$$

2. Определим фактическую возможную максимальную загрузку автопоезда:

$$q_{max} = V \times k_{ПД} = 70 \times 0,36 = 25,2 \text{ пл. м}^3.$$

Принимаем загрузку автощеповоза $q = 25$ пл.м³

3. Определяем сменную производительность 1 автощеповоза:

$$\Pi = \frac{(T-t_2)k_1q}{2 \times 60 \frac{L}{V_{cp}} + t_1} = \frac{(480-25) \times 0,9 \times 25}{120 \times \frac{300}{50} + 70} = 12,96 \text{ пл. м}^3/\text{см.}$$

4. Расчетный парк автощеповозов

$$N_p = \frac{Q}{n_{ДП}} = \frac{100000}{2 \times 250 \times 12,96} = 15,43 \text{ шт.}$$

5. Реальный требуемый парк автощеповозов

$$N = \frac{N_p}{k_2} + k_3 N_p = \frac{15,43}{0,8} + 0,17 \times 15,43 = 21,9 \text{ шт.}$$

Принимаем $N = 22$ автощеповоза.

Таблица 2.3 – Варианты заданий для задачи №3

Параметр	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Q , мл.м ³ /год	50000	60000	70000	80000	90000	40000	30000	50000	60000	70000
L , км	100	200	300	400	500	100	200	300	300	500
$V_{ср}$, км/ч	40	50	60	70	40	50	60	70	40	50
G , т	30	25	20	15	15	20	25	30	10	20
V , м ³	50	60	70	80	40	50	60	70	40	60
ρ , т/мл.м ³	0,5	0,6	0,7	0,75	0,8	0,55	0,65	0,75	0,8	0,85
$k_{пд}$	0,3	0,35	0,4	0,29	0,36	0,32	0,33	0,4	0,39	0,38
D , дн	245	246	247	248	249	251	252	253	254	255
T , мин	480	360	720	480	360	720	480	360	720	480
n , см/сут	1	2	1	2	3	2	2	4	2	1
t_1 , мин	40	50	60	70	70	60	50	40	55	65
t_2 , мин	15	20	25	15	20	25	15	20	25	15

Контрольные вопросы

1. Что такое полнодревесность щепы?
2. Что подразумевается под понятием коэффициент технической готовности?
3. Назовите основные способы разгрузки щепы из щеповоза.
4. Почему расчетное количество щеповозов отличается от реального?

Задача 4. Расчет ленточного конвейера для сыпучего груза

Рассчитать ленточный наклонный конвейер для транспортировки сыпучего груза. Общий вид конвейера представлен на рисунке 2.

Исходные данные:

- расчетная производительность конвейера $Q_p = 90$ т/ч;
- насыпная плотность груза $\rho_H = 0,9$ т/м³;
- расстояние перемещения $L_{п} = 19$ м;
- высота подъема груза $H = 5$ м;
- скорость транспортировки $v = 1,5$ м/с;
- угол наклона конвейера $\beta = 15^\circ$;
- коэффициент угла уклона конвейера $C = 0,95$.

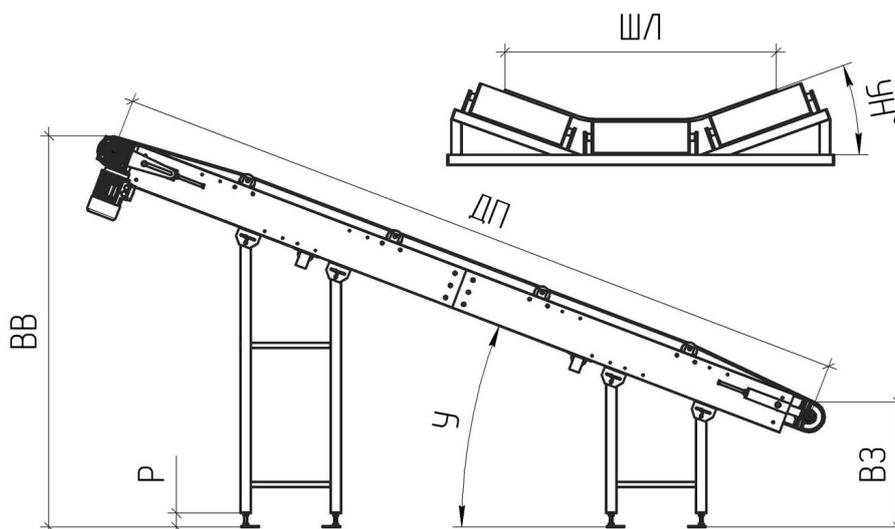


Рисунок 2 – Ленточный конвейер для насыпных грузов:
 ДП – длина перемещения; У – угол наклона; ВВ – высота выгрузки;
 ВЗ – высота загрузки; ШЛ – ширина ленты; Р – регулировка высоты

Решение:

1. Определяем линейные размеры конвейера:

- длина наклонной части конвейера

$$L_{\text{н}} = \frac{H}{\sin \beta} = \frac{5}{\sin 15^\circ} = 19,3 \text{ м};$$

- длина проекции наклонной части конвейера на горизонтальную плоскость

$$L_{\text{пр}} = L_{\text{н}} \times \cos \beta = 19,3 \times \cos 15^\circ = 18,6 \text{ м};$$

- длина расчетной горизонтальной части конвейера

$$L_{\text{г}} = L_{\text{н}} - L_{\text{пр}} = 19,3 - 18,6 = 0,7 \text{ м};$$

- суммарная длина конвейера

$$L = L_{\text{н}} + L_{\text{г}} = 19,3 + 0,7 = 20 \text{ м}.$$

2. Определяем ширину ленты желобчатой формы, создаваемой посредством трехроlikовой опоры, при коэффициенте $K=576$ (зависящем от формы сечения груза на ленте) по формуле:

$$B_{\text{ж}} = \sqrt{\frac{Q_{\text{р}}}{v\rho_{\text{н}}[576C \times \text{tg}(0,35\beta) + 160]}} = \sqrt{\frac{90}{1,5 \times 0,9 [576 \times 0,95 \times \text{tg}(0,35 \times 15) + 160]}} = 0,56 \text{ м}.$$

Из ряда стандартных значений выбираем резиноканевою ленту шириной $B=650$ мм, число прокладок ленты 3, толщина прокладки 1,15 мм, толщина обрешиненных слоев 3 мм. Общая толщина ленты $\delta=6,45$ мм. Линейная плотность ленты $q_{\text{л}}=6,12$ кг/м.

3. Определяем сопротивление передвижению ленты (тяговое усилие):

$$W = g[\omega \times L(q_{\text{м}} + 2q_{\text{л}} + q_{\text{пр}} + q_{\text{рх}}) + H \times q_{\text{м}}], \text{ Н},$$

где ω – коэффициент сопротивления роlikоопор, $\omega=0,05$;

q_m – погонная нагрузка от роlikов холостой ветви.

$$W = 9,18 \times [0,05 \times 20(16,7 + 2 \times 6,12 + 9,8 + 4,1) + 5 \times 16,7] = 1239H$$

4. Определяем необходимую мощность привода конвейера:

$$N = \frac{k_d \times W \times v}{1000\eta} = \frac{1,2 \times 1239 \times 1,5}{1000 \times 0,8} = 2,32 \text{ кВт},$$

где k_d – коэффициент динамического привода, $k_d=1,2$;

η – КПД привода конвейера, $\eta=0,8$.

Таблица 2.4 – Варианты заданий для задачи №4

Параметр	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Q_p , т/ч	50	60	70	80	90	100	90	80	70	60
ρ_n , т/м ³	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5
L_n , м	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40
H , м	5	6	7	8	7	6	5	4	3	2
v , м/с	1	1,5	2	1	1,5	2	1	1,5	2	1
β , °	20	15	10	5	20	15	10	5	20	15

Контрольные вопросы

1. Как определяется насыпная плотность груза?
2. На какие группы сыпучие грузы подразделяются по гранулометрическому составу?
3. Что такое угол естественного откоса для сыпучих грузов?

Задача 5. Расчет ленточного конвейера для щепы

Рассчитать ленточный конвейер с желобчатой лентой для транспортировки технологической щепы.

Исходные данные:

- производительность техническая $P_T = 50$ пл. м³/ч;
- насыпная плотность щепы $\rho_H = 0,3$ т/м³;
- длина тракта $L = 140$ м;
- высота подъема $H = 4$ м;
- скорость движения ленты конвейера $v = 1,5$ м/с;
- коэффициент полнодревесности щепы на ленте $K_{ПД} = 0,4$;
- коэффициент, учитывающий угол наклона ($\varphi = 15^\circ$) конвейера $C = 0,95$;
- коэффициент, учитывающий неравномерность подачи щепы на ленту $K_H = 1,1$;
- коэффициент, учитывающий остановки в работе $K_{ВР} = 0,8$;
- коэффициент, учитывающий готовность конвейера к работе $K_T = 0,96$;

- коэффициент, учитывающий сопротивление подвижных элементов конвейера $\omega = 0,04$.

Решение:

1. Определение эксплуатационной производительности конвейера

$$P_{Э1} = \frac{P_{TKH}}{K_{BP}K_{Г}} = \frac{100 \times 1,1}{0,8 \times 0,96} = 71,5 \text{ пл. м}^3/\text{ч.}$$

Определим реальный объем щепы:

$$P_{Э2} = \frac{P_{Э1}}{K_{ПД}} = \frac{143}{0,4} = 179 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Определим производительность в массовых единицах (т):

$$P_{Э3} = P_{Э2} \times \rho_H = 179 \times 300 = 53700 \text{ кг/ч} = 53,7 \text{ т/ч.}$$

2. Определим расчетную ширину ленты конвейера:

$$B_P = \sqrt{\frac{P_{Э3}}{v \rho_H (576C \times tg(0,35\varphi) + 160)}} = \sqrt{\frac{53,7}{1,5 \times 0,3 (576 \times 0,95 \times tg(0,35 \times 15) + 160)}} = 0,75 \text{ м.}$$

Принимаем стандартную ширину ленты $B=0,8$ м.

3. Определяем сопротивление передвижению ленты (тяговое усилие):

$$W = g[\omega L(q_M + 2q_L + q_{PB} + q_{PH}) + H \times q_M], \text{ Н,}$$

где q_M – погонная нагрузка от транспортируемого материала, $q_M=9,94$ кг/м;

q_L – погонная нагрузка от массы ленты, $q_L=8,15$ кг/м;

q_{PB} – погонная нагрузка от роликов рабочей ветви, $q_{PB}=19,6$ кг/м;

q_{PH} – погонная нагрузка от роликов холостой ветви, $q_{PH}=7,1$ кг/м.

Тогда:

$$W = 9,81[0,04 \times 20(9,94 + 2 \times 8,15 + 19,6 + 7,1) + 4 \times 9,94] = 805,5 \text{ Н}$$

4. Определяем требуемую расчетную мощность двигателя привода:

$$N = \frac{k_D \times W \times v}{1000 \eta} = \frac{1,25 \times 805,5 \times 1,5}{1000 \times 0,75} = 2,01 \text{ кВт.}$$

По расчетной мощности подбираем электродвигатель.

Таблица 2.5 – Варианты заданий для задачи №5

Параметр	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
P_T , пл.м ³ /ч	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
q_H , т/м ³	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1
L , м	80	110	130	150	140	100	110	130	170	90
H , м	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
v , м/с	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2	0,1	1

Контрольные вопросы

1. Что определяет коэффициент полндревестности щепы?
2. Опишите физико-механические свойства щепы.
3. Из-за чего образуется сопротивление передвижению ленты конвейера?
4. Почему щепа подается на ленту конвейера не равномерно?

Задача 6. Расчет шнекового конвейера

Рассчитать шнековый конвейер для перемещения порошкообразного или наливного материала. Схема шнекового конвейера представлена на рисунке 3.

Исходные данные:

- расчетная производительность конвейера $Q = 800$ т/сутки (33,3 т/ч);
- насыпная плотность груза $\rho = 1570$ кг/м³;
- длина конвейера $L = 5$ м;
- угол наклона конвейера $\varphi = +5^\circ$;
- транспортируемый материал – сухой неабразивный;
- высота подъема $H = 4$ м;
- скорость движения ленты конвейера $v = 1,5$ м/с;
- $K_D = 1$ – коэффициент, учитывающий абразивность материала;
- $K_\beta = 0,95$ – коэффициент, учитывающий наклон шнека;
- $\psi = 0,4$ – коэффициент заполнения поперечного сечения шнека;
- $\omega = 2,65$ – коэффициент сопротивления перемещению груза;
- $k = 1,25$ – коэффициент запаса мощности;
- частота вращения шнека $n = 60$ об/мин;
- длина горизонтальной проекции шнека $L_\Gamma = L \cdot \cos \varphi = 5 \cdot 0,996 = 4,98$ м;
- длина вертикальной проекции шнека $H = L \cdot \sin \varphi = 5 \cdot 0,087 = 0,44$ м;
- КПД привода $\eta = 0,8$.

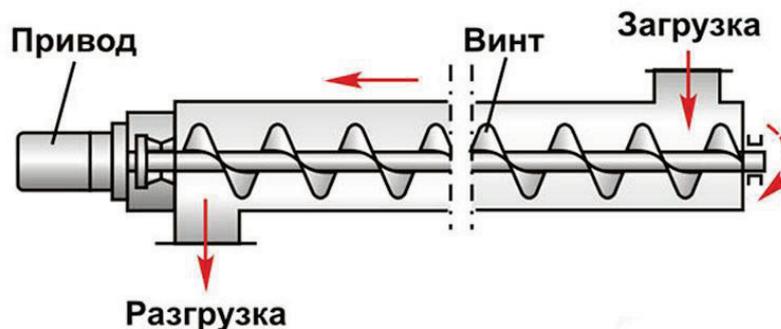


Рисунок 3 – Схема шнекового конвейера

Решение:

1. Определяем диаметр винта:

$$D = 0,275 \sqrt[3]{\frac{Q}{nk_D k_\beta \psi \rho}} = 0,275 \sqrt[3]{\frac{33,3}{60 \times 1 \times 0,95 \times 0,4 \times 1,57}} = 0,27 \text{ м.}$$

2. Потребляемая мощность на валу шнека

$$N_B = \frac{0,0027kQ(\omega L_\Gamma + H)}{\eta} =$$

$$= \frac{0,0027 \times 1,25 \times 33,3(2,65 \times 4,98 + 0,44)}{0,8} = 1,92 \text{ кВт.}$$

По этой мощности подбираем стандартный электродвигатель.

Таблица 2.6 – Варианты заданий для задачи №6

Параметр	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Q, т/сут	500	600	700	800	900	1000	500	600	700	800
ρ , кг/м ³	1300	1400	1500	1600	1400	1500	1600	1650	1550	1300
L, м	3	4	5	6	7	3	4	5	6	7
φ , °	5	5	4	4	6	6	5	5	4	6
H, м	4	4	5	5	6	6	4	4	5	5
v, м/с	1,2	1,4	1,5	1,7	2	1,2	1,4	1,5	1,7	2
n, об/мин	50	60	70	50	60	70	80	50	60	45

Контрольные вопросы

1. В чем разница при перемещении абразивного и неабразивного груза?
2. Опишите принцип действия шнекового (винтового) конвейера
3. От каких параметров будет зависеть производительность конвейеров шнекового типа?

Задача 7. Расчет пневмотранспортной установки

Рассчитать пневмотранспортную установку для подачи в силос сыпучего химиката. Схема установки представлена на рисунке 4.

Исходные данные:

- производительность $\Pi = 50$ т/ч;
- суммарная длина трассы $L = 340$ м;
- высота подъема груза $H = 20$ м;
- на трассе $n = 4$ колена с углом поворота 90° С;
- давление в силосе – атмосферное;
- коэффициент неравномерности подачи груза $K_H = 1,2$;
- коэффициент загрузки оборудования по времени $K_{ВР} = 0,85$;
- коэффициент готовности оборудования к работе $K_\Gamma = 0,96$.

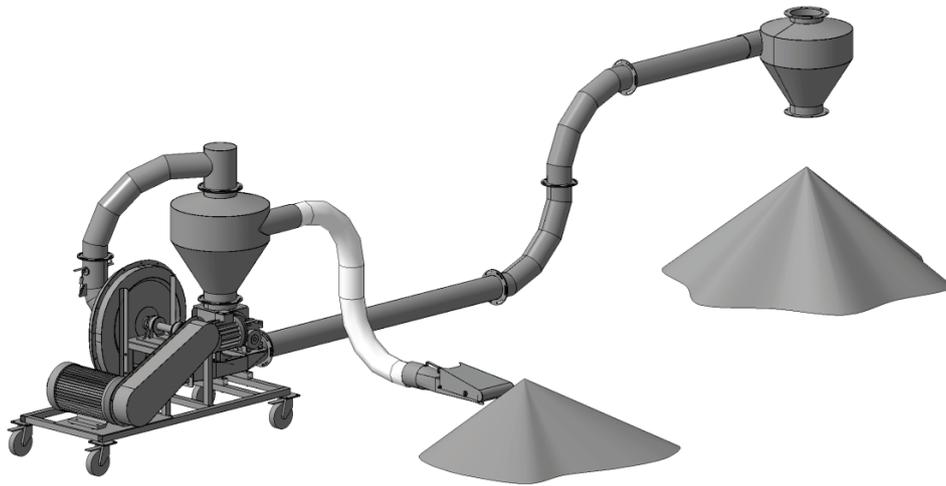


Рисунок 4 – Схема пневматической установки

Решение:

1. Определим расчетную производительность:

$$P_p = P \times \frac{k_H}{k_{BP}} \times k_\Gamma = 50 \times \frac{1,2}{0,85} \times 0,96 = 73,5 \text{ т/час.}$$

2. Расчетная длина трассы

$$L_p = L + n \times l_{\text{ЭКВ}} = 340 + 4 \times 20 = 420 \text{ м,}$$

где $l_{\text{ЭКВ}} = 20 \text{ м}$ – длина трубопровода, эквивалентная длине, где потери напора равны потерям в одном колене.

3. Принимаем: плотность воздуха в начале трассы $\rho_{\text{ВН}} = 1,5 \text{ кг/м}^3$, в конце $\rho_{\text{ВК}} = 1,2 \text{ кг/м}^3$. Расчетная (средняя) плотность воздуха

$$\rho_B = \frac{\rho_{\text{ВН}} + \rho_{\text{ВК}}}{2} = \frac{1,5 + 1,2}{2} = 1,35 \text{ кг/м}^3$$

скорость движения воздуха в начале трассы $v_{\text{ВН}} = 15 \text{ м/с}$, в конце $v_{\text{ВК}} = 25 \text{ м/с}$.

Расчетная (средняя) скорость воздуха

$$v_B = \frac{v_{\text{ВН}} + v_{\text{ВК}}}{2} = 20 \text{ м/с.}$$

Принимаем расчетную концентрацию аэросмеси $\mu = 25 \text{ кг/м}^3$.

4. Потребляемый расход воздуха

$$Q_B = 1,5 \frac{1000 P_p}{3600 \mu} = 1,5 \frac{1000 \times 73,5}{3600 \times 25} = 0,82 \text{ м}^3/\text{с.}$$

5. Расчетный диаметр трубопровода

$$D = \sqrt{\frac{4 Q_B}{\pi v_B}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,82}{3,14 \times 25}} = 0,204 \text{ м.}$$

Принимаем ближайший меньший диаметр $D = 0,2 \text{ м}$.

6. Находим коэффициент сопротивления движению чистого воздуха с учетом критерия Рейнольдса в справочной литературе, $\lambda_B = 0,012$.

7. Определим линейные потери давления при движении по трассе чистого воздуха:

$$\Delta P_0 = \lambda_B \frac{v_B^2 \rho_B}{2} \times \frac{L}{D} = 0,012 \frac{20^2 \times 1,35}{2} \times \frac{420}{0,15} = 9072 \text{ Па.}$$

8. Определим линейные потери давления при движении аэросмеси, при величине коэффициента сопротивления, учитывающего наличие твердых частиц смеси, $k=0,24$:

$$\Delta P_1 = \Delta P_0(1 + k\mu) = 9072(1 + 0,24 \times 25) = 63504 \text{ Па.}$$

9. Определим потери давления на разгон материала смеси при коэффициенте потерь давления на разгон $\xi_P=1,6$:

$$\Delta P_2 = \xi_P \mu \frac{\rho_{BH} v_H^2}{2} = 1,6 \times 25 \frac{1,5 \times 15^2}{2} = 6750 \text{ Па.}$$

10. Определим потери давления на подъем смеси:

$$\Delta P_3 = \mu H \rho_{BH} g = 25 \times 20 \times 1, \times 9,18 = 7358 \text{ Па.}$$

11. Определим потери давления в местных сопротивлениях. Местные потери давления в коленах учтены при расчетах линейных потерь.

Местные потери давления в пылеуловителе при величине коэффициента сопротивления в нем $\xi_{II} = 1,8$

$$\Delta P_4^1 = \xi_{II} \frac{\rho_{BK} v_K^2}{2} = 1,8 \frac{1,2 \times 25^2}{2} = 675 \text{ Па.}$$

Местные потери давления на ввод материала в трубопрово, при величине коэффициента сопротивления питателя $\xi_{BX} = 2,2$

$$\Delta P_4^{11} = \xi_{BX} \frac{\rho_{BH} v_K^2}{2} = 2,2 \frac{1,5 \times 15^2}{2} = 165 \text{ Па.}$$

12. Суммарные потери давления в пневмотранспортной установке равны:

$$P = \sum P = 3000 + 63504 + 6750 + 7358 + 675 + 165 = 81452 \text{ Па,}$$

где 3000 Па – потери напора в компенсаторе.

13. Необходимое давление воздуха в компрессоре, при коэффициенте запаса $\alpha=1,1$

$$P_K = \alpha P = 1,1 \times 81452 = 89597 \text{ Па.}$$

14. Требуемая расчетная мощность привода компрессора, при коэффициенте запаса $k_1=1,25$ и КПД привода $\eta=0,8$

$$N = \frac{k_1 Q_B A}{102 \eta} = \frac{1,25 \times 0,82 \times 21703}{102 \times 0,8} = 273 \text{ кВт,}$$

где A – теоретическая работа сжатия газа компрессором, равная 21703 Дж/м³.

Исходные данные для выбора компрессора:

$$Q_B = 0,82 \text{ м}^3/\text{с} = 2952 \text{ м}^3/\text{час};$$

$$P_K = 89597 \text{ Па};$$

$$N = 273 \text{ кВт.}$$

Таблица 2.7 – Варианты заданий для задачи №7

Параметр	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
П, т/час	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
L, м	150	200	250	300	350	300	250	200	400	150
H, м	10	15	20	25	10	15	20	25	10	15

Контрольные вопросы

1. Что такое массовая расходная концентрация?
2. Из-за чего возникают линейные и местные потери давления?
3. Почему плотность воздуха отличается в начале и конце трассы?

Задача 8. Расчет параметров ПТУ

Рассчитать параметры ПТУ для подачи щепы от бункера сортировки на склад с разгрузкой через циклон.

Исходные данные:

- расчетная производительность ПТУ составляет $V = 23600 \text{ пл.м}^3/\text{год}$;
- длина транспортной трассы $l_{\text{тор}} = 92 \text{ м}$;
- высота подъема груза $h = 10 \text{ м}$;
- плотность щепы $\rho_M = 600 \text{ кг/пл.м}^3$;
- число часов работы оборудования $n = 4200 \text{ час/год}$;
- расчет ведется для плотности воздуха (при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$) $\rho_B = 1,2 \text{ кг/м}^3$ по всей трассе;
- два поворота трассы трубопровода с отношением $R/d = 5$ дают коэффициент сопротивления $\xi_1 = 0,67$;
- коэффициент сопротивления питателя $\xi_2 = 0,45$;
- для очистки воздуха применяем циклон типа К с коэффициентом сопротивления $\xi_{\text{Ц}} = 4$ и диаметром входного патрубка $d_{\text{вх}} = 0,45 \text{ м}$;
- в качестве воздуходувной машины применен аппарат ВВД;
- коэффициент сопротивления на участке до шлюзового питателя $\lambda_1 = 0,063$;
- коэффициент сопротивления на участке после питателя $\lambda_2 = 0,082$;
- коэффициент сопротивления на вертикальном участке $\lambda_3 = 0,047$.

Решение:

1. Расчетная производительность ПТУ

$$G_M = 1,15 \frac{V \rho_M}{n} = 1,15 \frac{23600 \times 600}{4200} = 3877 \text{ кг/час.}$$

2. Принимаем концентрацию $\mu = 1,0$.
3. Находим объемный расход воздуха:

$$Q_B = \frac{G_M}{\mu \rho_B} = \frac{3877}{1 \times 1,2} = 3231 \text{ м}^3/\text{час.}$$

4. Определим оптимальную скорость воздуха:

$$v_{\text{ОПТ}} = v_T \alpha_1 \sqrt[4]{\mu} = 7 \times 3,2 \times \sqrt[4]{1} = 22,4 \text{ м/с,}$$

где $v_{\text{ТР}}$ – транспортная скорость воздуха, м/с

α_1 – поправочный коэффициент для скорости воздуха в трубе.

5. Определим расчетный диаметр трубопровода:

$$d_T = 1,88 \times 10^{-2} \sqrt{\frac{Q_B}{v_{\text{ОПТ}}}} = 1,88 \times 10^{-2} \sqrt{\frac{3231}{22,4}} = 0,226 \text{ м.}$$

Принимаем ближайший меньший из стандартного ряда $d=0,225$ м.

Диаметр воздухопроводов для чистого воздуха до загрузки щепой примем большим, т.е. $d=0,28$ м, а скорость воздуха в нем будет равна

$$v_B = 3,54 \times 10^{-4} \frac{Q}{d^2} = 3,54 \times 10^{-4} \times \frac{3231}{0,28^2} = 14,6 \text{ м/с.}$$

6. Определим потери давления в ПТУ как сумму потерь давления на отдельных участках:

$$\sum \Delta P = \Delta P_{\text{ТР.ГОР}} + \Delta P_{\text{ТР.ВЕРТ}} + \Delta P_{\text{ПОВ}} + \Delta P_{\text{М.С.}} + \Delta P_{\text{РАЗГ}} + \Delta P_{\text{ВЫГР}};$$

- потери давления на участке от вентилятора до шлюзового питателя

$$\Delta P_{\text{ТР.ГОР.1}} = \frac{\lambda_1 l_{\text{ГОР.1}} \rho_B v_B^2}{2d} = \frac{0,063 \times 5 \times 1,2 \times 14,6^2}{2 \times 0,28} = 144 \text{ Па;}$$

- потери давления на горизонтальном участке от питателя до циклона

$$\Delta P_{\text{ТР.ГОР.2}} = \frac{\lambda_2 l_{\text{ГОР.2}} \rho_B v_{\text{ОПТ}}^2 (1 + K\mu)}{2d} = \frac{0,082 \times 92 \times 1,2 \times 22,4^2 (1 + 0,7 \times 1)}{2 \times 0,225} = 17160 \text{ Па.}$$

Далее расчет производить не следует, т. к. видно, что даже два последовательно установленных аппарата ВВД при максимально возможном давлении не могут создать необходимый напор в системе. Поэтому зададимся меньшим значением μ , увеличивая тем самым расход воздуха, диаметры трубопровода и уменьшая потери давления.

Примем $\mu=0,4$ м³/час, и производя перерасчет, получим:

$$- Q_B = 8077 \text{ м}^3/\text{час};$$

$$- v_{\text{ОПТ}} = 17,8 \text{ м/с};$$

$$- d_T = 0,4 \text{ (принимаем ближайший меньший стандартный диаметр } d_T = 0,39 \text{ м);}$$

$$- v_B = 18,8 \text{ м/с};$$

$$- \Delta P_{\text{ТР.ГОР.1}} = 171 \text{ Па};$$

- потери давления на горизонтальном участке от питателя до циклона

$$\Delta P_{\text{ТР.ГОР.2}} = \frac{0,082 \times 92 \times 1,2 \times 18,8^2 (1 + 0,7 \times 0,4)}{2 \times 0,39} = 5251 \text{ Па};$$

- потери давления на подъем материала

$$\Delta P_{\text{ТР.ВЕРТ.}} = \left[\lambda_3 h \rho_B v_{\text{ОПТ}}^2 \frac{(1 + K\mu)}{2d} \right] + \mu \rho_B g h =$$

$$= \left[0,047 \times 10 \times 1,2 \times 18,8^2 \frac{(1 + 0,7 \times 0,4)}{2 \times 0,39} \right] + 0,4 \times 1,2 \times 9,18 \times 10 =$$

$$= 374 \text{ Па};$$

- потери давления при поворотах потока при

$$P_{\text{ДИН}} = \frac{\rho_B v_B^2}{2} = \frac{1,2 \times 18,8^2}{2} = 212 \text{ Па};$$

$$\Delta P_{\text{ПОВ}} = \xi_1 P_{\text{ДИН}} (1 + K\mu) = 0,67 \times 212 (1 + 0,7 \times 0,4) = 182 \text{ Па};$$

- потери давления в местных сопротивлениях (питатель) при $\xi_2=0,45$

$$\Delta P_{\text{М.С.}} = \xi_2 P_{\text{ДИН}} (1 + K\mu) = 0,45 \times 212 (1 + 0,7 \times 0,4) = 122 \text{ Па};$$

- потери давления на разгон материала с учетом отставания материала при разгоне $v_B/v_M=1,25$

$$\Delta P_{\text{РАЗГ}} = 2P_{\text{ДИН}} (v_B/v_M) = 2 \times 212 \times 1,25 = 530 \text{ Па};$$

- потери давления при выгрузке через циклон (при $\xi_4=4$; объеме очищенного воздуха $Q_B=8077 \text{ м}^3/\text{час}$ или $2,24 \text{ м}^3/\text{с}$ скорость воздуха во входном патрубке циклона $d_{\text{ВХ}}=0,45 \text{ м}$ составит $v=14 \text{ м/с}$)

$$\Delta P_{\text{ЦИКЛ}} = 0,5 \xi_{\text{Ц}} \rho_B v^2 = 0,5 \times 4 \times 1,2 \times 14^2 = 470 \text{ Па};$$

- суммарные потери давления

$$\sum \Delta P = 171 + 5251 + 374 + 182 + 122 + 530 + 470 = 7100 \text{ Па};$$

- расчетные потери давления и расход воздуха увеличим на 5% для компенсации неучтенных потерь, тогда

$$\sum \Delta P_{\text{РАСЧ}} = 1,05 \times 7100 = 7455 \text{ Па};$$

$$Q_{\text{РАСЧ}} = 1,05 \times 8077 = 8481 \text{ м}^3/\text{час} \text{ или } 2,36 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Выбираем вентилятор ВВД-8 с подачей 3960-21600 $\text{м}^3/\text{час}$ при напоре $P_B=2350-13000 \text{ Па}$, с числом оборотов 1500-3000 об/мин и КПД $\eta_{\text{ПР}}=0,7$.

7. Определим мощность электродвигателя вентилятора:

$$N = \frac{Q_{\text{РАСЧ}} \times \sum \Delta P_{\text{РАСЧ}} \times K}{1000 \times \eta_{\text{ПР}}} = \frac{2,36 \times 7455 \times 1,2}{1000 \times 0,7} = 30 \text{ кВт},$$

где $K=1,2$ – коэффициент запаса.

По справочнику выбираем для ВВД-8 привод: электродвигатель АИР200L4 с мощностью 35 кВт и частотой вращения 1500 об/мин.

Таблица 8 – Варианты заданий для задачи №8

Параметр	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
V , ПЛ.М ³ /ГОД	10000	12000	14000	16000	18000	9000	8000	6000	22000	25000
$l_{ГОР}$, М	50	75	100	50	75	100	50	75	100	50
h , М	5	10	15	20	5	10	15	20	5	10
ρ_m , КГ/ПЛ.М ³	700	600	500	650	550	750	600	550	500	650
n , Ч/ГОД	4200	2100	4200	2100	4200	2100	4200	2100	4200	2100

Контрольные вопросы

1. Что такое циклон и какие у него функции?
2. От каких параметров зависит транспортная скорость воздуха?

Задача 9. Определение параметров ПТУ

Определить основные параметры ПТУ для подачи щепы от бункера сортировки через питатель на открытый склад с разгрузкой через дефлектор. Включение и выключение ПТУ происходит автоматически по команде датчиков верхнего и нижнего уровня щепы в бункере.

Исходные данные:

- разгрузка щепы из бункера емкостью $V = 30 \text{ м}^3$ производится питателем;
- объемная масса древесины $\rho_m = 600 \text{ кг/пл. м}^3$, коэффициент полндревесности щепы $K_{nd} = 0,4$;
- длина транспортного трубопровода $L = 234 \text{ м}$;
- среднее барометрическое давление воздуха при $T = 303^0\text{K}$; $P_b = 96060 \text{ Па}$;
- плотность воздуха при атмосферном давлении $\rho_g = 1,2 \text{ кг/м}^3$;
- продолжительность разгрузки бункера $t_p = 20 \text{ мин}$;
- масса щепы в бункере $M = K_{nd}\rho_m V = 0,4 \cdot 600 \cdot 30 = 7200 \text{ кг}$;
- расчетная производительность $G_m = 60M/t_p = 60 \cdot 7200/20 = 21600 \text{ кг/час}$;
- скорость трогания $v_{mp} = 7 \text{ м/с}$; коэффициент скорости $a=3,7$.

Решение:

1. Для начала принимаем концентрацию аэросмеси $\mu=2,5$.
2. Определяем ориентировочный расход воздуха:

$$Q = \frac{G_M}{\rho_B \mu} = \frac{21600}{1,2 \times 2,5} = 7200 \text{ м}^3/\text{час}.$$

3. Принимаем к установке турбовоздуходувку ТВ-175-1,6М-01. Средние номинальные параметры ее по аэродинамической характеристике:

$$- Q_H = 8000 \text{ м}^3/\text{час или } 2,22 \text{ м}^3/\text{с}; P_P=63000 \text{ Па};$$

- тогда расчетная величина расходной концентрации

$$\mu_P = \frac{G_M}{Q_B} \rho_B = \frac{21600}{8000} 1,2 = 2,25.$$

4. Находим величину плотности сжатого воздуха в начале трубопровода:

$$\rho_{В.Н.} = \frac{P_B + P_P}{292,7T} = \frac{96060 + 63000}{292,7 \times 303} = 1,8 \text{ кг/м}^3.$$

5. Находим среднее значение плотности воздуха:

$$\rho_{СР} = \frac{\rho_{В.Н.} + \rho_B}{2} = \frac{1,8 + 1,2}{2} = 1,5 \text{ кг/м}^3.$$

6. Находим оптимальную скорость транспортного воздуха:

$$v_{ОПТ} = v_{ТРА} \mu^{0,25} = 7 \times 3,7 \times 2,25^{0,25} = 31,72 \text{ м/с}.$$

7. Находим оптимальную скорость воздуха в начале транспортного трубопровода:

$$v_{ОПТ.Н.} = v_{ОПТ} \left(\frac{\rho_{ВК}}{\rho_{ВН}} \right)^{0,5} = 31,72 \left(\frac{1,2}{1,8} \right)^{0,5} = 25,97 \text{ м/с}.$$

8. Определим расчетный диаметр трубопровода (с учетом изменения плотности сжатого воздуха):

$$d_P = 0,0188 \left(\frac{\rho_{ВК} Q_B}{\rho_{В.Н.} v_{ОПТ.Н.}} \right)^{0,5} = 0,0188 \left(\frac{1,2 \times 8000}{1,8 \times 25,97} \right)^{0,5} = 0,27 \text{ м}.$$

Принимаем по ГОСТ 10704 с ближайшим меньшим внутренним диаметром $d=0,26 \text{ м}$.

9. Находим скорость воздуха в начале, конце и середине трубопровода:

$$v_H = \frac{0,000354 \rho_B Q_B}{\rho_{В.Н.} d^2} = \frac{0,000354 \times 1,2 \times 8000}{1,79 \times 0,26^2} = 28,1 \text{ м/с};$$

$$v_K = \frac{0,000354 Q_B}{d^2} = \frac{0,000354 \times 8000}{0,26^2} = 41,9 \text{ м/с};$$

$$v_{СР} = \frac{v_H + v_K}{2} = \frac{28,1 + 41,9}{2} = 35 \text{ м/с}.$$

10. Находим потери давления в системе:

а) Определяем потери давления на горизонтальном участке от питателя до дефлектора ($\lambda=0,053$; $K=0,7$):

$$\Delta P_{ТР.ГОР.} = \frac{\lambda L \rho_{В.СР.} (v_{СР})^2 (1 + K \mu_P)}{2d} = \frac{0,053 \times 234 \times 1,5 \times 35^2 (1 + 0,7 \times 2,25)}{2 \times 0,26} = 112848 \text{ Па};$$

б) Принимаем местные потери давления воздуха от воздухозаборника до дефлектора равными 20% от $\Delta P_{ТР.ГОР.}$, имеем суммарные потери:

$$\sum \Delta P = 1,2 \Delta P_{ТР.ГОР.} = 1,2 \times 112848 = 135415 \text{ Па}.$$

11. Определяем мощность, расходуемую на работу воздуходувки (с коэффициентом запаса $K_1=1,1$):

$$N = \frac{Q_B \Sigma \Delta P K_1}{1000 \eta} = \frac{2,22 \times 135415 \times 1,1}{1000 \times 0,8} = 413 \text{ кВт.}$$

Таким образом, воздуходувная машина и диаметр трубопровода выбраны правильно и с некоторым запасом.

Таблица 2.9 – Варианты заданий для задачи №9

Параметр	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
V, м ³	10	25	30	35	40	10	25	30	35	40
ρ_M , кг/пл.м ³	500	550	600	500	550	600	500	550	600	650
K _{ПД}	0,5	0,45	0,4	0,5	0,45	0,4	0,5	0,45	0,4	0,5
L, м	250	200	300	250	200	300	250	200	300	250

Контрольные вопросы

1. Что подразумевается под термином «аэросмесь» и из чего она состоит?
2. Что определяет коэффициент полноревесности?
3. Что такое скорость «трогания» и для чего ее определяют?

Задача 10. Расчет необходимого числа бункеров

Определить необходимое число бункеров для хранения цемента.

Исходные данные:

- внутренний диаметр бункера $D=5,6$ м;
- диаметр нижнего выпускного отверстия $D_0 = 0,3$ м;
- вместимость склада $V_{скл} = 18000$ т;
- допустимая высота в расположении бункера $H_{max} = 25$ м;
- необходимый запас высоты над бункером $h_B = 1,5$ м;
- необходимый запас высоты под бункером $h_H = 3,2$ м;
- насыпная плотность груза $\rho_H = 1,1$ т/м³;
- угол внешнего трения о стенки бункера $\varphi = 45^\circ$.

Решение:

1. Определяем максимальную высоту бункера:

$$H = H_{MAX} - h_B - h_H = 25 - 1,5 - 3,2 = 20,3 \text{ м.}$$

2. Определяем угол уклона конусной части днища бункера:

$$\alpha = \varphi + 10 = 45 + 10 = 55^\circ.$$

3. Определяем высоту нижней конусной части бункера:

$$H_K = \frac{D - D_0}{2} \times tg\alpha = \frac{5,6 - 0,3}{2} \times 1,43 = 3,8 \text{ м.}$$

4. Определяем максимальную вместимость одного бункера:

$$V_1 = \rho \pi D^2 (H - H_K) + \pi t g \alpha \frac{D^3 - D_0^3}{6} =$$

$$= 1,1 \times 3,14 \times 5,6^2 (20,3 - 3,8) + 3,14 \times 1,43 \frac{5,6^3 - 0,3^3}{6} = 1918 \text{ т.}$$

5. Определяем необходимое количество бункеров, с учетом фактической вместимости $V_{\Phi} = 0,9V_1$:

$$n = \frac{V_{\text{СКЛ}}}{V_{\Phi}} = \frac{18000}{1918 \times 0,9} = 10,4 \text{ шт.}$$

Принимаем $n=12$ бункеров для удобства комплектации на складе в 2 ряда по 6 шт.

Таблица 2.10 – Варианты заданий для задачи №10

Параметр	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
D, м	5	5,5	6	5	5,5	6	5	5,5	6	4
D ₀ , м	0,4	0,3	0,2	0,5	0,4	0,3	0,2	0,5	0,25	0,3
V _{СКЛ} , т	12000	14000	16000	18000	20000	22000	24000	26000	28000	10000
H _{МАХ} , м	30	25	20	15	15	20	25	30	15	10
h _В	1	1,5	2	1	1,5	2	1	1,5	2	1
h _Н	2	2,6	2,8	2,4	3	3,2	3,4	2,8	2,6	2,4

Контрольные вопросы

1. Какие существуют особенности хранения и транспортировки цемента?
2. Что определяет угол внешнего трения о стенки бункера?

Задача 11. Расчет параметров ленточного конвейера для рулонов

Рассчитать основные параметры наклонного ленточного конвейера для транспортировки рулонов бумаги от упаковочного участка до склада.

Исходные данные:

- размеры рулонов: диаметр $d=0,8$ м; длина $l=1,0$ м;
- масса рулона $m=0,4$ т;
- требуемая производительность $Z=60$ рул/час;
- коэффициент неравномерности подачи рулона на конвейер $K_H = 1,35$;
- коэффициент готовности конвейера к работе $K_T = 0,96$;
- длина конвейера $L=150$ м;
- высота спуска груза $H=5$ м;

Коэффициент сопротивления движению:

- верхней ветви желобчатой ленты на трехроликовых опорах $w_e = 0,032$;
- нижней ветви ленты на однороликовых опорах $w_H = 0,03$;
- обобщенные коэффициенты местных сопротивлений конвейера $K_M = 1,6$;
- коэффициент запаса прочности привода $K_3 = 1,05$;

- коэффициент полезного действия (КПД) привода $\eta = 0,8$.

Решение:

1. Определение ширины ленты конвейера. Расчетная ширина ленты B_p должна обеспечить охват ею 25% длины окружности рулона:

$$B_p = 0,25\pi d = 0,25 \times 3,14 \times 0,8 = 0,628 \text{ м.}$$

Из нормального ряда ширин конвейерных лент выбираем ширину $B = 0,65$ м. Ориентировочная масса такой ленты $m_L = 25$ кг/м².

2. Расчетная производительность конвейера равна:

$$Z_p = Z \frac{K_H}{K_\Gamma} = 60 \frac{1,35}{0,96} = 84 \text{ рул/час}$$

или

$$Q_p = Z_p m = 84 \times 0,4 = 33,6 \text{ т/час.}$$

3. Принимаем среднее расстояние между осями центров соседних рулонов $a=1,5$ м. Тогда скорость конвейера равна:

$$V = \frac{Z_p a}{3600} = \frac{84 \times 1,5}{3600} = 0,035 \text{ м/с.}$$

4. Максимальное количество рулонов, находящееся на конвейере равно

$$x = \frac{L}{a} + 1 = \frac{150}{1,5} + 1 = 101 \text{ рул.}$$

5. Погонная нагрузка от силы тяжести рулонов

$$q_p = \frac{1000 m x g}{L} = \frac{1000 \times 0,4 \times 101 \times 9,81}{150} = 2642 \text{ Н/м.}$$

6. Определим параметры роlikоопор. Расстояние между верхними роlikоопорами принимаем из условия, что участок ленты под рулоном должен опираться не менее, чем на два ролика, поэтому

$$L_{pB} = \frac{l}{3} = \frac{1}{3} = 0,33 \text{ м.}$$

Расстояние между роlikоопорами нижней части ветви конвейера принимаем равным $L_{pH} = 1,0$ м. Ориентировочная масса вращающихся частей ролика равна $m_{pB} = 35$ кг и $m_{pH} = 17$ кг соответственно.

7. Линейные силы тяжести подвижных элементов конвейера будут равны

$$q_{pB} = \frac{g m_{pB}}{L_{pB}} = \frac{9,81 \times 35}{0,33} = 1040 \text{ Н/м;}$$

$$q_{pH} = \frac{g m_{pH}}{L_{pH}} = \frac{9,81 \times 17}{1} = 167 \text{ Н/м;}$$

$$q_L = g m_L B = 9,81 \times 25 \times 0,65 = 159 \text{ Н/м.}$$

8. Общее сопротивление движению ленты конвейера с грузом равно

$$W = K_M L [(q_p + q_{pB} + q_L) w_B + (q_{pH} + q_L) w_H] + q_p H =$$

$$= 1,6 \times 150[(2642 + 1040 + 159)0,032 + (168 + 159)0,03] - 2642 \times 5 =$$

$$= 32100 \text{ Н.}$$

9. Расчетная мощность электродвигателя привода конвейера равна

$$N = \frac{K_3 W V}{1000 \eta} = \frac{1,05 \times 32100 \times 0,035}{1000 \times 0,8} = 1,47 \text{ кВт.}$$

10. Выбор ленты конвейера. Принимаем резинотканевую ленту для уменьшения удлинения при нагрузке, снабженную тканевыми прокладками, имеющими в нашем случае прочность $S = 200 \text{ Н/мм}$. Необходимое количество прокладок

$$i = \frac{kW}{SB},$$

где k – коэффициент запаса прочности ленты, принимаем $k = 6,5$.

Тогда

$$i = \frac{6,5 \times 32100}{200 \times 650} = 1,61.$$

Количество тканевых прокладок принимаем 2.

Таблица 2.11– Варианты заданий для задачи №11

Параметр	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
d, м	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1	0,9	0,8	0,7	0,6
l, м	1	0,8	1,2	1	0,8	1,2	1	0,8	1,2	1
m, т	0,4	0,6	0,8	0,4	0,6	0,8	0,4	0,6	0,8	0,4
Z, рул/ч	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
– L, м	150	100	200	150	100	200	150	100	200	250
H, м	3	4	5	2	4	5	3	4	5	2

Контрольные вопросы

1. Из-за чего на конвейерах образуются местные сопротивления?
2. По каким параметрам осуществляется выбор ленты конвейера?
3. На какие параметры транспортировки груза влияет количество роликоопор и расстояние между ними?

Задача 12. Расчет надежности фрикционного захвата

Определить коэффициент надежности сжатия пакета макулатуры для кранового фрикционного захвата и боковых захватов автопогрузчика, реализующих сжатие груза с помощью приводов от гидроцилиндра.

Исходные данные:

- сила тяжести пакета $G=10 \text{ кН}$;
- коэффициент динамичности нагрузки $k_D = 1,2$;
- коэффициент трения захватов о поверхности пакета $\mu = 0,5$;

- передаточное число механизма фрикционного захвата $i = 2,43$;
- потери на трение в приводных механизмах $\Delta = 0,15$.

Решение:

1. Коэффициент надежности для клещевого фрикционного захвата

$$K_H = \frac{2N_B\mu}{Gk_D}$$

здесь $N_B = P \times i$ – боковое нажатие на груз,

где P – усилие, действующее на элемент привода передаточного механизма захвата

$$P = \frac{G}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ кН};$$

$$N_B = 5 \times 2,43 = 12,15 \text{ кН}.$$

При расчете захватов с усилием сжатия, зависящим от силы тяжести груза, коэффициент динамичности не учитывается.

Тогда

$$K_{H1} = \frac{2 \times 12,5 \times 0,5}{10} = 1,25.$$

Это значение коэффициента надежности находится в допустимых пределах: $K_H = 1,2 \dots 1,25$

2. Величина бокового сжатия захватного автопогрузчика с приводом от гидроцилиндра

$$N_B = 2G(1 - \Delta) = 2 \times 10(1 - 0,15) = 17 \text{ кН}.$$

Коэффициент надежности боковых захватов автопогрузчика

$$K_{H2} = \frac{2 \times 17 \times 0,5}{10 \times 1,2} = 1,42.$$

Это значение коэффициента надежности превышает допустимые пределы: $K_H = 1,2 \dots 1,25$. Надежность захватов не вызывает сомнений.

Таблица 2.12 – Варианты заданий для задачи №12

Параметр	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
G, кН	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
k_D	1,1	1,15	1,2	1,25	1,3	1,1	1,15	1,2	1,25	1,3
μ	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,5	0,45	0,4	0,35	0,6
i	2	2,5	3	2	2,5	3	2	2,5	3	2,76
Δ	1,15	1,13	1,14	1,15	1,25	1,15	1,13	1,14	1,15	1,25

Контрольные вопросы

1. Какой запас прочности принято давать деталям захватных устройств?

2. Почему при расчете захватов с усилием сжатия, зависящим от силы тяжести груза, коэффициент динамичности не учитывается?

Задача 13. Определение необходимого количества погрузчиков

Определить необходимое количество самоходных погрузчиков и габариты склада готовой продукции в рулонах.

Исходные данные:

- масса одного рулона $m=0,9$ т;
- габариты рулона: диаметр $d=1,0$ м, ширина $B=1,5$ м;
- необходимая вместимость склада $Z=500$ рул;
- допустимая продолжительность загрузки склада $t_1 = 3$ сут;
- расстояние от упаковочной линии до склада $L_1 = 200$ м;
- продолжительность загрузки одного вагона $t_2 = 2$ часа;
- среднее расстояние от склада до вагона $L_2 = 20$ м;
- объём вагона $V = 60$ м³;
- режим работы склада $n=20$ час;
- коэффициент, учитывающий неравномерность подачи рулонов $K_H = 1,2$;
- коэффициент, учитывающий готовность оборудования к работе $K_G = 0,96$;
- коэффициент, учитывающий потери рабочего времени $K_{П} = 0,8$.

Решение:

1. Расчетная требуемая производительность погрузчиков при подаче рулонов на склад

$$Q_{\text{СКЛ}} = \frac{mzK_H}{nt_1K_G} = \frac{0,9 \times 500 \times 1,2}{20 \times 3 \times 0,96} = 9,375 \text{ т/час};$$

$$N_{\text{СКЛ}} = \frac{zK_H}{nt_1K_G} = \frac{500 \times 1,2}{20 \times 3 \times 0,96} = 10,4 \text{ рул/час}.$$

2. Расчетная требуемая производительность погрузчиков при подаче рулонов со склада в вагон

$$Q_{\text{ВАГ}} = \frac{mzK_H}{t_2K_G} = \frac{0,9 \times 35 \times 1,2}{2 \times 0,96} = 19,7 \text{ т/час};$$

$$N_{\text{ВАГ}} = \frac{zK_H}{t_2K_G} = \frac{35 \times 1,2}{2 \times 0,96} = 21,9 \text{ рул/час},$$

где z – максимальное количество рулонов бумаги, загружаемой в вагон:

$$z = \frac{VK_3}{Bd^2} = \frac{60}{1,5 \times 1^2} = 40 \text{ рул}.$$

Фактически, с учетом необходимых зазоров между рулонами, примем $z = 35$.

3. Выбор погрузчиков. Для работы в закрытом помещении склада выбираем электропогрузчики общего назначения ЭП-106 с грузоподъемностью 1 т со специальным захватом для рулонов и следующими характеристиками:

- скорость передвижения с грузом $v_1 = 5$ км/час, без груза $v_2 = 10$ км/час;
- продолжительность захвата груза $t_3 = 20$ сек;
- продолжительность разворота погрузчика $t_p = 15$ с;
- продолжительность укладки груза $t_y = 20$ с;
- продолжительность подъема (опускания) груза $t_{\Pi} = 5$ с;
- минимальная ширина проезда для штабелирования с поворотом на 90°

$H=2,4$ м.

4. Продолжительность одного цикла работы погрузчика при подаче рулона на склад с учетом K_{Π} равна

$$T_{\text{Ц1}} = \frac{1}{K_{\Pi}} \left(t_3 + t_p + 3,6 \frac{L_1}{v_1} + t_y + t_p + 3,6 \frac{L_1}{v_2} + 2t_{\Pi} \right) =$$

$$= \frac{1}{0,8} \left(20 + 15 + 3,6 \frac{200}{5} + 20 + 15 + 3,6 \frac{200}{10} + 2 \times 5 \right) = 370 \text{ с}$$

$$370 \text{ с} = 0,103 \text{ часа.}$$

Соответственно, производительность погрузчика при работе на складе равна

$$Q_{\text{ПОГ СКЛАД}} = \frac{m}{T_{\text{Ц1}}} = \frac{0,9}{0,103} = 8,74 \text{ т/час;}$$

$$N_{\text{ПОГ СКЛАД}} = \frac{1}{T_{\text{Ц1}}} = \frac{1}{0,103} = 9,71 \text{ рул/час.}$$

Итак, $N_{\text{СКЛ}} > N_{\text{ПОГ СКЛАД}}$ и $Q_{\text{СКЛ}} > Q_{\text{ПОГ СКЛАД}}$, таким образом, один погрузчик не справится с подачей рулонов на склад. Следует принять два погрузчика.

5. Продолжительность одного цикла работы погрузчика при подаче рулонов в вагон равна

$$T_{\text{Ц2}} = \frac{1}{K_{\Pi}} \left(t_3 + t_p + 3,6 \frac{L_2}{v_1} + t_y + t_p + 3,6 \frac{L_2}{v_2} + 2t_{\Pi} \right) =$$

$$= \frac{1}{0,8} \left(20 + 15 + 3,6 \frac{20}{5} + 20 + 15 + 3,6 \frac{20}{10} + 2 \times 5 \right) = 127 \text{ с}$$

$$127 \text{ с} = 0,035 \text{ часа.}$$

Соответственно, производительность погрузчика при работе на вагон равна

$$Q_{\text{ПОГ ВАГ}} = \frac{m}{T_{\text{Ц2}}} = \frac{0,9}{0,035} = 25,71 \text{ т/час;}$$

$$N_{\text{ПОГ ВАГ}} = \frac{1}{T_{\text{Ц2}}} = \frac{1}{0,035} = 28,57 \text{ рул/час.}$$

Итак, $N_{\text{ВАГ}} < N_{\text{ПОГ ВАГ}}$ и $Q_{\text{СКЛ}} < Q_{\text{ПОГ ВАГ}}$, таким образом, один погрузчик справится с подачей рулонов в вагон.

Всего для работы с рулонами на складе и для погрузки в вагоны потребуется три погрузчика.

6. Определение габаритов склада. Принимаем двухъярусное вертикальное складирование рулонов. При размещении на складе $Z=500$ рулонов в каждом ярусе будет 250 рулонов. Для удобства обслуживания располагаем рулоны в двух параллельных штабелях по 250 рулонов в каждом. Ширина каждого штабеля 5-ти рулонов составляет

$$b = 5d + 4 \times 0,1 = 5 \times 1 + 0,4 = 5,4 \text{ м,}$$

где 0,1 – необходимый зазор для захвата рулона погрузчиком.

Если по ширине штабеля разместить 5 рулонов, то по длине штабеля необходимо расположить 25 рулонов. Соответственно, длина каждого штабеля составит

$$l = 25d + 24 \times 0,1 = 25 \times 1 + 2,4 = 27,4 \text{ м.}$$

Площадь, занимаемая двумя штабелями

$$S_{\text{ШТ}} = 2bl = 2 \times 5,4 \times 27,4 = 296 \text{ м}^2.$$

Размещение штабелей должно обеспечить возможность подхода погрузчиков к каждому из них с трех сторон. Тогда общая длина помещения склада составит

$$L = l + 2H = 27,4 + 2 \times 2,4 = 32,2 \text{ м,}$$

а ширина

$$B = 2b + 3H = 2 \times 5,4 + 2,4 = 13,2 \text{ м.}$$

Общая площадь склада

$$S_{\text{СКЛ}} = LB = 32,2 \times 13,2 = 425 \text{ м}^2.$$

Коэффициент использования площади склада

$$K = \frac{S_{\text{ШТ}}}{S_{\text{СКЛ}}} = \frac{296}{425} = 0,696.$$

Полученная величина экого коэффициента соответствует строительным нормам для складских помещений.

Таблица 2.13 – Варианты заданий для задачи №13

Параметр	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
m, т	0,8	0,7	0,6	1	0,9	1,1	1,2	0,75	0,85	1
d, м	0,8	0,9	0,7	1,1	0,9	1,2	1,1	0,7	0,6	0,9
B, м	1	0,9	0,8	1,5	1,2	1,3	1,6	0,9	1,2	1,3
Z, рул	500	1000	700	1200	400	550	750	900	350	650
t ₁ , сут	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6
L ₁ , м	150	50	200	250	100	150	50	200	250	100
t ₂ , час	1	2	3	4	1	2	3	4	3	2
L ₂ , м	10	15	20	25	30	30	25	20	15	10
V, м ³	50	60	75	50	60	75	50	60	75	90
n, час	12	20	24	12	20	16	24	12	16	20

Контрольные вопросы

1. Какие особенности транспортировки и хранения рулонной продукции?
2. Какими параметрами определяется максимальная высота штабеля?

Задача 14. Расчет параметров роликового конвейера

Рассчитать параметры роликового гравитационного и горизонтального конвейера для перемещения кип заготовок картонной тары (или круглого баланса). Схема конвейера представлена на рисунке 5.

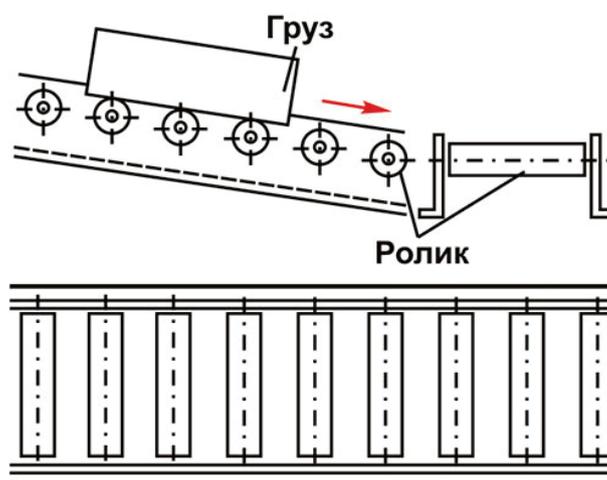


Рисунок 5 – схема роликового гравитационного конвейера

Исходные данные:

- длина конвейера $L=10$ м;
- шаг между роликами $t=0,18$ м;
- производительность конвейера $Q=1000$ кип/час;
- коэффициент неравномерности подачи кип $K_H = 1,5$;
- коэффициент готовности конвейера к работе $K_T = 0,96$;

- расстояние между центрами соседних кип $a=1,5$ м;
- коэффициент трения качения груза по роликам $K_K = 0,02$ м;
- коэффициент трения скольжения груза по роликам $K_C = 0,2$;
- коэффициент трения в цапфах ролика $K_{Ц} = 0,09$;
- вес кипы $G=500$ Н;
- вес 1 ролика $P=100$ Н;
- длина кипы $l=0,14$ м;
- размер ролика: диаметр внешний $D=0,15$ м, диаметр шейки $d=0,04$ м.

Решение:

А) для неприводного наклонного рольганга

1. Расчетная производительность роликового конвейера

$$Q_P = \frac{Q_{KH}}{K_T} = \frac{1000 \times 1,5}{0,96} = 1563 \text{ кип/час.}$$

2. Необходимая скорость движения кип

$$V = \frac{Q_{Pa}}{3600} = \frac{1563 \times 1,5}{3600} = 0,65 \text{ м/с.}$$

3. Количество роликов на конвейере

$$Z = 1 + \frac{L}{t} = 1 + \frac{10}{0,18} = 57 \text{ рол.}$$

4. Количество роликов, загруженных одной кипой

$$Z_1 = 1 + \frac{l}{t} = 1 + \frac{0,4}{0,18} = 3,2 \text{ рол.}$$

5. Сопротивление трению качения груза по роликам

$$W_1 = \frac{K_K G}{D} = \frac{0,02 \times 500}{0,15} = 66,7 \text{ Н.}$$

6. Сопротивление скольжению груза по роликам и сообщение им кинетической энергии

$$W_2 = \frac{K_C P Z V^2}{gL} = \frac{0,2 \times 100 \times 57 \times 0,65^2}{9,81 \times 10} = 4,9 \text{ Н.}$$

7. Сопротивление трению скольжения в цапфах роликов

$$W_3 = \frac{(G + P + Z_1) K_{Ц} d}{D} = \frac{(500 + 100 + 3,2) \times 0,09 \times 0,04}{0,15} = 19,7 \text{ Н.}$$

8. Суммарное сопротивление движению груза

$$W = W_1 + W_2 + W_3 = 66,7 + 4,9 + 19,7 = 91,3 \text{ Н.}$$

9. Необходимый угол наклона гравитационного рольганга

$$\beta = \arctg \left(\frac{W}{G} \right) = \arctg \left(\frac{91,3}{500} \right) = 10^\circ 20'.$$

Б) Для приводного горизонтального рольганга

1. Для определения мощности привода приводного рольганга сначала необходим интервал времени между прохождением отдельных кип при равномерном поступлении их на конвейер

$$\tau = \frac{3600}{Q_p} = \frac{3600}{1563} = 2,3 \text{ с.}$$

2. Продолжительность прохождения одной кипы по конвейеру

$$T = \frac{L}{V} = \frac{10}{0,65} = 15,36 \text{ с.}$$

3. Количество кип, находящихся на конвейере

$$n = \frac{T}{\tau} = \frac{15,36}{2,3} = 6,7 \text{ кип.}$$

4. Потребляемая расчетная мощность привода

$$N = \frac{(nGw_1 + ZPw_2)V}{1000\eta} = \frac{(6,7 \times 500 \times 0,3 + 57 \times 100 \times 0,03)0,65}{100 \times 0,8} = 0,95 \text{ кВт,}$$

где w_1 – коэффициент сопротивления перемещению кип, $w_1=0,3$;
 w_2 – коэффициент сопротивления перемещению кип, $w_2=0,03$;
 η – коэффициент полезного действия (КПД) привода, $\eta=0,8$.

Таблица 2.14 – Варианты заданий для задачи №14

Параметр	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
L, м	6	8	10	12	14	12	10	8	6	16
t, м	0,16	0,18	0,2	0,14	0,18	0,16	0,2	0,22	0,14	0,16
Q, кип/час	1000	800	600	750	1200	850	550	700	900	1000
a, м	1	1,2	1,4	1,5	1,7	1	1,6	1,25	1,3	1,35
G, Н	500	600	400	450	550	620	580	430	620	560
P, Н	80	100	120	80	100	120	80	100	120	70
l, м	0,14	0,12	0,13	0,15	0,16	0,14	0,15	0,12	0,13	0,2
D, м	0,15	0,17	0,16	0,14	0,18	0,15	0,16	0,14	0,12	0,14
d, м	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,05	0,04	0,02	0,03	0,05

Контрольные вопросы

1. В чем принципиальная разница между роликовым гравитационным и горизонтальным конвейерами?
2. В чем особенности транспортировки кип?
3. Что такое рольганг и каков принцип его действия?

Задача 15. Расчет параметров склада круглого леса

Рассчитать параметры склада для хранения круглого леса в штабелях. Схема укладки штабелей круглого леса представлена на рисунке 6.

Исходные данные:

- годовая потребность в сырье $Q = 20000 \text{ м}^3$;
- период работы склада $T = 365$ дней;
- количество дней запаса $k_{\text{ЗАП}} = 10$;
- коэффициент, учитывающий неравномерность расхода материалов $k_1 = 1,1$;
- коэффициент, учитывающий неравномерность поступления материалов $k_2 = 1,3$;
- коэффициент, учитывающий наличие проходов и проездов между штабелями $k_3 = 0,8$;
- коэффициент заполнения штабеля $k_4 = 0,5$ (для круглого леса $0,4-0,6$);
- коэффициент использования склада $z = 0,4$;
- высота штабеля $h = 12 \text{ м}$;
- длина штабеля $L = 100 \text{ м}$;
- длина сортимента (баланса) $l = 4 \text{ м}$;
- угол естественного откоса (раската) штабеля $\alpha = 35^\circ$.

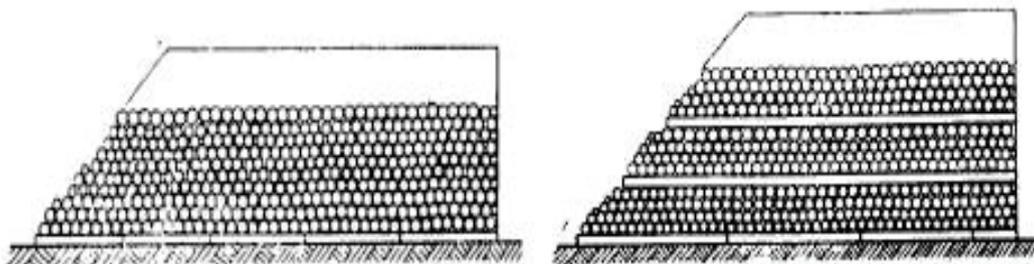


Рисунок 6 – Схема укладки плотных штабелей

Решение:

Определяем суточную потребность в материалах:

$$Q_{\text{СУТ}} = \frac{Q}{T} = \frac{20000}{365} = 547,94 \text{ м}^3.$$

Определяем стратегический запас материалов на складе:

$$Q_{\text{ЗАП}} = Q_{\text{СУТ}} \times k_{\text{ЗАП}} \times k_1 \times k_2 = 547,94 \times 10 \times 1,1 \times 1,3 = 7835,5 \text{ м}^3.$$

Определяем общую площадь склада с учетом проходов и проездов:

$$F_{\text{СКЛ}} = \frac{Q_{\text{ЗАП}}}{z} = \frac{7835,5}{0,4} = 19588,75 \text{ м}^2.$$

Принимаем площадь склада 20000 м^2 .

Исходя из площади склада, принимаем размеры склада: длина – 200 м, ширина 100 м.

Определяем площадь одного штабеля:

$$F_{\text{Ш}} = L \times l = 100 \times 4 = 400 \text{ м}^2.$$

Определяем количество штабелей на складе:

$$n = \frac{F_{\text{скл}}}{F_{\text{Ш}}} \times k_3 = \frac{20000}{400} \times 0,8 = 40 \text{ шт.}$$

Определяем теоретический объем одного штабеля:

$$V_{\text{ТЕОР Ш}} = h \times l \times (L - 12ctg\alpha) = 12 \times 4 \times (100 - 12ctg35^\circ) \approx 3977 \text{ м}^3.$$

Определим максимальный объем древесины, который может храниться на складе:

$$V_{\text{СКЛ}} = V_{\text{Ш}} \times n \times k_4 = 3977 \times 40 \times 0,5 = 79540 \text{ м}^3.$$

Максимальный объем древесины, который может храниться на складе, в несколько раз превышает годовую потребность в сырье, соответственно необходимо искать пути сбыта древесины или повышать производственные мощности предприятия.

Таблица 2.15 – Варианты заданий для задачи №15

Параметр	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Q, м ³	50000	15000	10000	30000	40000	60000	15000	25000	35000	45000
T, дней	365	182	365	182	365	182	365	182	365	182
h, м	6	8	10	12	14	6	8	10	12	14
L, м	80	60	40	100	120	40	60	80	50	90
l, м	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6

Контрольные вопросы

1. Что должно обеспечиваться при складировании лесоматериалов?
2. Где хранят лесные материалы?
3. От чего зависит объем штабеля?

Задача 16. Расчет параметров склада наливного груза

Определить площадь склада для хранения химического наливного груза.

Исходные данные:

- годовой грузопоток $Q_{\Gamma} = 87500$ т/год;
- коэффициент неравномерности поступления грузов на склад $k_{\text{Н}} = 1,24$;
- число дней прибытия груза $T = 365$ д;
- средний срок хранения груза $\tau_{\text{ХР}} = 11$ сут;
- объемная масса груза (плотность для наливных грузов) $\rho = 0,88$ т/м³;
- высота резервуара для хранения $H_{\text{Р}} = 12$ м;
- коэффициент, учитывающий дополнительную площадь на проходы и проезды на складе $k_{\text{ПР}} = 1,6$.

Решение:

Суточный грузопоток прибытия грузов на склад

$$Q_c = Q_G k_H / T = 87500 \cdot 1,24 / 365 = 397,3 \text{ т/сут.}$$

Вместимость склада определяют по формуле:

$$E = \tau_{\text{хр}} Q_c = 11 \cdot 397,3 = 4370,3 \text{ т.}$$

Необходимый объем груза на складе

$$V = E / \rho = 4370,3 / 0,88 = 4966,3 \text{ м}^3.$$

Для наливных и насыпных грузов при хранении их в вертикальных резервуарах общая площадь склада определяется по формуле:

$$S_{\text{скл}} = V k_{\text{пр}} / H_p = 4966,3 \cdot 1,6 / 12 = 662,19 \text{ м}^2.$$

Таблица 2.16 – Варианты заданий для задачи №16

Параметр	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Q_G , т/год	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	80000	90000	5000
k_H	1	1,25	1,3	1,4	1,5	1,4	1,3	1,25	1	1,6
T , д.	365	182	91	182	365	91	365	182	91	182
$\tau_{\text{хр}}$, сут	5	10	15	5	10	15	5	10	12	3
ρ , т/м ³	1,11	1,2	0,85	1,4	0,74	0,8	0,95	1	2,05	1,33
H_p , м	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$k_{\text{пр}}$	1,6	2	1,8	1,6	2	1,8	1,6	2	1,8	1,5

Контрольные вопросы

1. Приведите примеры наливных грузов для ЦБП и классифицируйте их по физическим свойствам.
2. Какие отличительные особенности имеются у наливных грузов?
3. Какие способы хранения наливных грузов на складах существуют?