

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**  
**ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**  
**КАФЕДРА МАШИН И АППАРАТОВ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ**  
**ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

**Программа, методические указания**  
**и задания к контрольной работе**

**Для студентов, обучающихся по направлению**  
**15.03.02 – «Технологические машины и оборудование»**  
**безотрывной формы обучения**



---

**ВОРОНЕЖ**  
**2017**

УДК 664.005.001.12 (07)

Технологические комплексы пищевых производств [Текст]: программа, методические указания и задания к контрольной работе / Воронеж. гос. ун-т. инжен. технол.; сост.: С. А. Назаров, Воронеж, 2017. 17 с.

Программа, методические указания и задания к контрольной работе по курсу составлены в соответствии с требованиями ООП подготовки бакалавров по направлению 15.03.02 – «Технологические машины и оборудование». Перечислены темы, на основе которых строится самостоятельная работа по изучению курса. Приведены варианты контрольного задания и методические указания к нему. Дисциплина относится к циклу ДС.

Табл. 2. Ил. 2. Библиогр.: 8 назв.

Составитель доцент С.А. НАЗАРОВ.

Научный редактор профессор С.Т. АНТИПОВ

Рекомендуется к размещению в  
ЭОС и ЭБС ВГУИТ

© Назаров С.А., 2017  
© Воронежский  
государственный  
университет  
инженерных  
технологий, 2017

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### Цели и задачи изучения дисциплины

Дисциплина «Технологические комплексы пищевых производств» относится к дисциплинам специализации и является одной из завершающих при подготовке бакалавров по направлению 15.03.02 «Технологические машины и оборудование». Ее цель – подготовка студентов к производственно-технической и проектно-конструкторской деятельности, связанной с созданием и эксплуатацией технологического оборудования и комплексов поточных линий пищевой промышленности; обучение студентов умению использования знаний, полученных в результате фундаментальной подготовки по общенаучным и общетехническим дисциплинам для решения инженерных задач, связанных с проектированием технологических комплексов и поточных линий.

Дисциплина «Технологические комплексы пищевых производств» изучается студентами заочного обучения на 5-м курсе (9-й семестр).

Основной формой изучения дисциплины является самостоятельная работа над литературой. Студент изучает темы, указанные в программе и выполняет контрольную работу.

Во время лабораторно-экзаменационной сессии студенты выполняют лабораторные работы, прослушивают курс лекций по основным темам курса и сдают экзамен после выполнения контрольной работы и сдачи отчетов по лабораторным работам.

### ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Контрольная работа выполняется в электронном виде.

С необходимыми пояснениями, показывающими, что студент разобрался во всех вопросах задания

**Контрольная работа состоит из десяти контрольных вопросов, общих для всех студентов, и двух контрольных задач,**

которые выполняются по варианту, соответствующему цифрам учебного шифра студента.

Без указания шифра работа не рецензируется. Ответы на контрольные вопросы должны быть изложены по возможности кратко. Решение контрольной задачи должно иллюстрироваться расчетными схемами, сопровождаться расшифровкой и указанием единиц измерения каждой величины и ссылками на литературные источники. Результаты расчетов представляются в величинах и единицах измерения СИ.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ ЗАДАЧЕ № 1

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Вопрос 1. Дайте определение производительности машины (комплекса). Приведите классификацию машин (по Артоболовскому) и формулы для расчета рабочего цикла для каждого класса.

Вопрос 2. Что понимается под фактической, теоретической и технологической производительностями? Как определяется коэффициент непрерывности обработки? Какими путями можно достичь повышения фактической производительности?

Вопрос 3. Охарактеризуйте причины потери производительности машины (комплекса). Поясните возможные потери рабочего времени и продукции.

Вопрос 4. Дайте определение коэффициента использования рабочего времени; коэффициента, учитывающего количество возвратных отходов; коэффициента, учитывающего потерю производительности в результате недовыпуска продукции из-за нарушения регулировки машины или несоблюдения технологического режима; коэффициента, учитывающего снижение производительности за счет потерь продукции. Приведите формулы для определения указанных коэффициентов.

Вопрос 5. Что из себя представляют балансы времени работы и производительности машины (комплекса)? Какие составляющие входят в указанные балансы? Как они определяются?

### КОНТРОЛЬНАЯ ЗАДАЧА № 1

Задача № 1. Расчет производительности комплекса (точной линии).

Задание. Определить теоретическую (цикловую), фактическую и технологическую производительность; коэффициенты: потерь, технического использования, готовности и непрерывности; построить баланс производительности и времени работы.

Исходные данные: время эксплуатации комплекса (точной линии)  $T_{\text{экс}}$ ; потери производительности  $\Sigma T_{\text{пот}}$  вызваны

потерями времени из-за простоев по организационным  $T_{орг}$  и техническим причинам  $T_{ПТО}$ , из-за отказов машины  $T_{отк}$  и в результате выпуска брака  $T_{бр}$ . Продолжительность рабочего цикла –  $T_p$ , часть интервала рабочего хода, используемая для непосредственного воздействия на обрабатываемый объект на лимитирующей операции, составляет  $t_p$ .

Исходные данные для расчета задачи № 1 взять из табл. 1.

Таблица 1

Пред-последняя цифра	$T_{экс}$ , мин	$T_{ПТО}$ , мин	$T_{отк}$ , мин	$T_{бр}$ , мин	$T_{орг}$ , мин	Последняя цифра	$T_p$ , мин	$t_p$ , с	$t_x$ , с	$\omega$ , шт
1	480	60	40	20	60	1	1	0,6	0,25	1
2	490	60	45	15	50	2	1	0,5	0,25	2
3	490	50	40	25	50	3	2	0,5	0,22	2
4	485	70	40	30	40	4	2	0,4	0,23	1
5	490	75	42	22	45	5	1	0,5	0,18	1
6	495	80	46	24	45	6	2	0,7	0,20	2
7	500	85	48	26	50	7	1	0,3	0,25	2
8	510	90	50	28	50	8	2	0,3	0,23	3
9	520	95	40	30	55	9	3	0,4	0,28	3
0	530	90	41	15	55	0	1	0,4	0,24	2

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА

Для определения резервов повышения производительности необходимо построить баланс производительности комплекса (поточной линии) и баланс затрат фонда времени, который складывается из эффективного машинного времени и потерь машинного времени по организационным причинам, в связи с техническим обслуживанием, из-за отказов и в результате выпуска брака.

За время эксплуатации  $T_{экс}$  комплекс (поточная линия) выпускает  $n$  единиц продукции. По данным хронометража, фото-

графика рабочего дня и фактического выпуска продукции определяется календарное, машинное время работы:

$$T_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{экс}}}{k_{\text{кал}}};$$

$$T_{\text{маш}} = T_{\text{экс}} - \sum T_{\text{прост}}$$

и время ее эффективной машинной работы

$$T_{\text{эф.маш}} = T_{\text{экс}} - \sum T_{\text{ном}},$$

где  $k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарного использования,

$$\sum T = T_{\text{ПТО}} + T_{\text{орг}} + T_{\text{отк}} + T_{\text{бр}} = \sum T_{\text{прост}} + T_{\text{бр}},$$

$T_{\text{эф.маш}}$  – часть располагаемого времени  $T_{\text{экс}}$ , в течение которого комплекс (линия) должен и мог бы работать, если бы не было никаких потерь времени.

Определяются внецикловые потери на единицу продукции:

$$t_{\text{ном}} = \frac{\sum T_{\text{ном}}}{\sum Z} = \frac{\sum T_{\text{ном}}}{T_{\text{эф.маш}}/T_p},$$

где  $\sum Z$  – суммарное число циклов  $T_p$ ;  $Z$  – число циклов  $T_p$  в единицу времени.

Определяется коэффициент потерь

$$k_{\text{ном}} = \frac{\sum T_{\text{ном}}}{\sum Z \cdot T_p}.$$

Определяется коэффициент использования

$$k_u = \frac{T_{\text{эф.маш}}}{T_{\text{эф.маш}} + \sum T_{\text{ном}}}.$$

Если бы комплекс (поточная линия) работал бесперебойно и без брака, то за каждый рабочий цикл  $T_p$  он выпускала бы  $\omega$  единиц продукции, а суммарный выпуск за  $Z$  циклов составил бы

$$Q = \omega \cdot \sum Z = \omega \cdot Z \cdot T_{\text{эф.маш}}.$$

Определяется теоретическая производительность

$$П' = \frac{Q}{T_{эф. маш}} = \omega \cdot Z = \frac{\omega}{T_p}.$$

Определяется фактическая производительность

$$П = \frac{Q}{T_{экс}} = \frac{\omega \cdot \sum Z}{\sum Z \cdot T_p + \sum T_{ном}} = \frac{\omega}{T_p + t_{ном}} = \frac{1}{1 + k_{ном}} \cdot \frac{\omega}{T_p} = k_u \cdot П'$$

Определяется коэффициент непрерывности  $k_{ин}$ , а затем технологическая производительность

$$П'' = \frac{П'}{k_{ин}},$$

где

$$k_{ин} = \frac{t'_p}{T_k}.$$

$T_k$  – кинематический цикл:

$$T_k = t'_p + t_x + (T_p - t'_p);$$

$t'_p$  – часть интервала рабочего хода, используемая для непосредственного воздействия на обрабатываемый объект,  $t_x$  – время на совершение холостого хода,  $T_p - t'_p$  – время части рабочего хода, не использованное для обработки, например время подвода рабочего органа.

На основании информации о потерях машинного времени и коэффициентов использования и непрерывности составляются балансы времени работы и производительности комплекса (поточной линии) в заранее выбранных масштабах (рис. 1).

Анализ производительности наглядно показывает по каким причинам вместо технологической производительности получаем значительно меньший выпуск, где находятся резервы повышения фактической производительности.



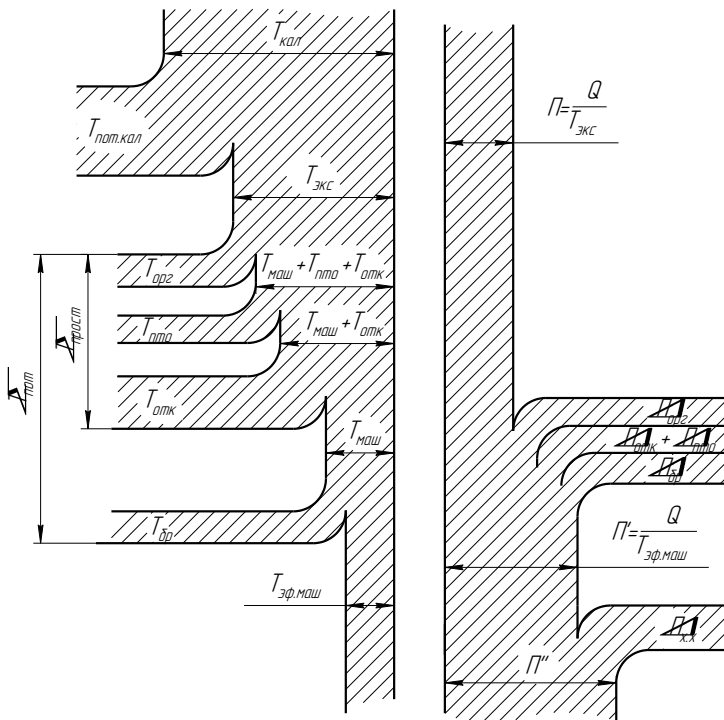


Рис. 1. Баланс времени работы и производительности комплекса (линии)

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ ЗАДАЧЕ № 2

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Вопрос 1. Дайте определение транспортирующей системы, основы классификации циклических транспортирующих систем. Поясните способы передачи объектов с одного транспортера на другой, признак классификации, учитывающий свойства объектов.

Вопрос 2. Дайте принципиальные схемы видов и классов транспортирующих систем. Что такое группа системы, как она определяется?

Вопрос 3. Приведите графики пути движения объектов по времени. Поясните следующие понятия, характеризующие характер движения транспортеров: коэффициент срабатывания приводного механизма переменного работающего транспортера, коэффициент хода переменного работающего транспортера, коэффициент срабатывания приводного механизма прерывисто работающего транспортера.

Вопрос 4. Как определяется производительность транспортера? Поясните периоды движения объектов на транспортере с прерывистым движением, средние скорости транспортера в каждом периоде.

Вопрос 5. Поясните кинематическую взаимосвязь в транспортирующих системах I вида для продольной передачи объектов. Дайте графические типовые синхrogramмы транспортирующих систем с прерывистым движением обоих транспортеров, с непрерывным движением одного транспортера и прерывистым движением другого. Приведите расшифровку основных обозначений на схемах.

### КОНТРОЛЬНАЯ ЗАДАЧА № 2

Задача № 2. Проектирование транспортирующих систем комплексов (поточных линий)

Задание. Выполнить расчет основных параметров транспортирующей системы. Исследовать кинематическую

взаимосвязь в транспортирующих системах комплекса (поточной линии), пользуясь графоаналитическим методом с помощью построенной синхрограммы.

Исходные данные: производительность транспортирующей системы  $N$ , длина объекта  $l$ , шаги расположения объектов на 1-ом и 2-ом транспортерах  $a_1$  и  $a_2$ , коэффициент срабатывания приводного механизма 1-го транспортера  $k_1$ .

Исходные данные для расчета задачи № 2 взять из табл. 2.

Таблица 2

Предпоследняя цифра	$N$ , шт./мин	$l$ , мм	$a_1$ , мм	Последняя цифра	$K_1$	$a_2$ , мм
1	50	20	20	1	2	50
2	60	30	30	2	3	40
3	70	40	40	3	4	30
4	80	50	50	4	5	20
5	90	60	40	5	4	30
6	100	20	30	6	3	40
7	110	30	20	7	2	50
8	120	40	30	8	3	40
9	130	50	40	9	4	30
0	140	60	50	0	5	20

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА

Для кинематического анализа транспортирующей системы при передаче жестких объектов с прерывистым движением обоих транспортеров с переходом объекта на 2-й транспортер во время выстоя последнего построим совмещенную синхрограмму ее работы (рис. 2), которую расположим под принципиальной схемой транспортирующей системы. Начало координат примем на стыке транспортеров. По оси абсцисс будем откладывать перемещения  $S$  транспортеров и объектов, а по оси ординат – время  $t$ . При замене истинного закона движения условным со средней постоянной скоростью графики движения транспортеров и лежащих на них объектов изобразятся ломаными линиями, наклонные

участки которых соответствуют перемещению транспортеров за периоды  $t_{\delta 1}$ , или  $t_{\delta 2}$ , а вертикальные – высотой транспортеров в течение времени  $t_{\theta 1}$  или  $t_{\theta 2}$ .

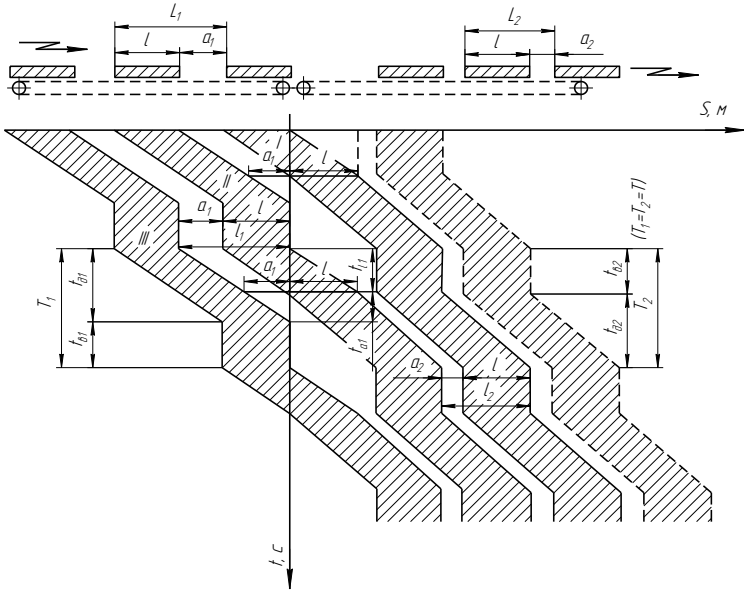


Рис. 2. Типовая синхрограмма работы транспортирующей системы с прерывистым движением обоих транспортеров

При объектах достаточной длины целесообразно показывать графики пути по времени начала и конца объектов и заштриховывать зоны между этими графиками, как это сделано на рис. 2.

Совмещенная синхрограмма позволяет для момента времени найти положение, занимаемое любым из объектов, и проследить закономерности изменения зазоров между объектами.

Объект вталкивается на остановленный 2-й транспортер за время  $t_{11}$  (очевидно, в этом случае 1-й транспортер должен иметь упоры или гонки). Продолжительность выстоя 2-го транспортера  $t_{\theta 2}$ , должна быть равна или больше интервала времени  $t_{11}$ , т.е.  $t_{\theta 2} \geq t_{11}$ . Продолжительность движения 2-го транспортера  $t_{\delta 2}$

должна быть равна сумме интервалов времени  $t_{e1}$  выстоя 1-го транспортера и времени  $t_{a1}$  перемещения зазора  $a_1$  на 1-ом транспортере  $t_{\partial 2} = t_{e1} + t_{a1}$ .

Производительность или рабочий цикл перемещения одного объекта определяется по формуле:

$$T_i = 60 \frac{m \cdot n \cdot z}{N},$$

где  $N$  – производительность транспортера для штучных объектов шт./мин,  $m$  – количество продольных рядов объектов,  $z$  – количество поперечных рядов объектов в одной группе. Принимаем  $m=1$ ,  $z=1$  (при равномерном распределении).

Периоды движения и выстоя транспортера в пределах одного кинематического цикла:

$$t_{\partial i} = \frac{T_i}{K_i + 1},$$

$$t_{ei} = T_i \cdot \frac{K_i}{K_i + 1}.$$

При прерывистом движении транспортера в течение времени  $t_g$  продолжительность  $t_{li}$  прохождения объекта длиной  $l_i$  и продолжительность  $t_{ai}$  прохождения зазоров  $a$  между ними пропорционально указанным размерам; они определяются по формулам

$$t_{li} = \frac{t_g}{\lambda_i + 1},$$

$$t_{ai} = \frac{t_g \cdot \lambda_i}{\lambda_i + 1}.$$

Последние формулы можно представить в виде

$$t_{li} = \frac{T_i}{(\lambda_i + 1) \cdot (K_i + 1)},$$

$$t_{ai} = \frac{T_i \cdot \lambda_i}{(\lambda_i + 1) \cdot (K_i + 1)}.$$

Учитывая равенство кинематических циклов обоих транспортеров  $T_1=T_2=T$ , можно записать

$$\frac{T_2}{K_2 + 1} = \frac{T_1 \cdot K_1}{K_1 + 1} + \frac{T_1 \cdot \lambda_1}{(\lambda_1 + 1) \cdot (K_1 + 1)},$$

где  $K_1$  и  $K_2$  – коэффициенты срабатывания приводных механизмов 1-го и 2-го транспортеров;  $\lambda_1 = a_1/l_1$  – коэффициент укладки объектов на 1-ом транспортере.

Отсюда можно получить значение необходимого коэффициента срабатывания 2-го транспортера  $K_2$  при заданных  $K_1$  и  $\lambda_1$

$$K_2 = \frac{1}{\lambda_1 \cdot (K_1 + 1) + K_1}.$$

Продолжительность выстоя 1-го транспортера

$$t_{e1} = \frac{T_1}{(\lambda_1 + 1) \cdot (K_1 + 1)}.$$

Продолжительность движения 2-го транспортера

$$t_{o2} = t_{e1} + t_{a1} \quad \text{или}$$

$$t_{o2} = \frac{T_1 \cdot K_1}{K_1 + 1} + \frac{T_1 \cdot \lambda_1}{(\lambda_1 + 1) \cdot (K_1 + 1)},$$

или после преобразований

$$t_{o2} = T_1 \cdot \frac{\lambda_1 \cdot (K_1 + 1) + K_1}{(\lambda_1 + 1) \cdot (K_1 + 1)}.$$

Средние скорости обоих транспортеров в период движения определяются формулой

$$v_i^c = \frac{(\lambda_i + 1) + (K_i + 1)}{T_i}.$$

Поскольку  $T_1=T_2$ , то соотношение скоростей выразится

$$v_2^c = v_1^c \cdot \frac{(K_2 + 1) \cdot (\lambda_2 + 1)}{(K_1 + 1) \cdot (\lambda_1 + 1)}.$$

Если средние скорости известны, то можно найти взаимосвязь коэффициентов укладки объектов в обоих транспортерах

$$\lambda_1 = \frac{v_1^c}{v_2^c} \cdot \frac{(K_2 + 1) \cdot (\lambda_2 + 1)}{K_1 + 1} - 1$$

Приведенные зависимости справедливы для случаев перемещения жестких недеформируемых объектов, допускающих скольжение по транспортерам, при этом предполагается, что коэффициенты трения объектов о тяговые органы транспортеров постоянны.

При необходимости строгого соблюдения шага расположения объектов следует рекомендовать применение ленточных или цепных транспортеров с упорами или грузоведущих конвейеров также с упорами, расположенными с требуемым шагом.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антипов, С. Т. Машины и аппараты пищевых производств [Текст]: учеб. для вузов в 2 кн. / С. Т. Антипов, И. Т. Кре- тов, А. Н. Остриков и др. – М.: КолосС, 2009 – 2018 с.
2. Драгилев А. И., Сезанаев Я. Ю. Технологическое обо- рудование кондитерского производства [Текст] / Под ред. Н. В. Куркиной.-М.: КолосС, 2000.-496с.
- 3.Ковалевский В.И. Проектирование технологического обо- рудования и линий [Текст]: учеб. пособие/ В. И. Ковалевский- СПб.: ГИОРД , 2007.-320 с.
4. Панфилов В.А. Теория технологического потока [Текст]: учеб. для студ. вузов / В. А. Панфилов.- М.: КолосС, 2007.- 319 с.
5. Хромеенков. В. М.Буров, Л. А. Технологическое обо- рудование хлебозаводов и макаронных фабрик [Текст]: учебник для студ. вузов / В. М. Хромеенков, Л. А. Буров. – СПб.: Гиорд, 2008.– 480 с.
- 6.Федоренко. Б. Н. Пивоваренная инженерия [Текст]: учеб- ник для студ. вузов / Б. Н. Федоренко. – СПб.: Профессия, 2009. – 1000 с.
7. Системное развитие техники пищевых технологий / С.Т. Антипов, В.А. Панфилов, О.А. Ураков, С.В. Шахов; Под ред. Акад. РАСХН В.А. Панфилова. – М.: КолосС, 2010. – 762 с.
8. Проектирование технологического оборудования отрасли. Практиум [Текст]: учеб. пособие / С. А. Назаров, К. В. Харченков, А. Н. Рязанов; Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж: ВГТА, 2013.– 119 с.



Электронное издание

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ  
ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Программа, методические указания  
и задания к контрольной работе

Для студентов, обучающихся по направлению  
15.03.02 – «Технологические машины и оборудование»  
безотрывной формы обучения

Составитель НАЗАРОВ Сергей Александрович