

40.72

Л&6

1174345



УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ ВУЗОВ

А. Б. ЛУРЬЕ
В. Г. ЕНИКЕЕВ
И. З. ТЕПЛИНСКИЙ

**КУРСОВОЕ И ДИПЛОМНОЕ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ПО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ
И МЕЛИОРАТИВНЫМ
МАШИНАМ**



УЧЕБНИКИ
И УЧЕБНЫЕ
ПОСОБИЯ
ДЛЯ ВЫСШИХ
УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

|А. Б. ЛУРЬЕ|

В. Г. ЕНИКЕЕВ

И. З. ТЕПЛИНСКИЙ

КУРСОВОЕ И ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ И МЕЛИОРАТИВНЫМ МАШИНАМ

Допущено Главным управлением высших учебных заведений при Государственной комиссии Совета Министров СССР по продовольствию и закупкам в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений по специальности «Механизация сельского хозяйства».



Ленинград ВО «Агропромиздат»
Ленинградское отделение, 1991

ББК 40.72

Л86

УДК 631.3

Редактор С. М. Томенко

Рецензенты: В. В. Бледных, д-р техн. наук, профессор Челябинского института механизации и электрификации сельского хозяйства, Н. С. Евдокимов, канд. техн. наук начальник ГСКБ по машинам для зоны Северо-Запада и защищенного грунта

Лурье А. Б. и др.

Л86 Курсовое и дипломное проектирование по сельскохозяйственным и мелиоративным машинам/ А. Б. Лурье, В. Г. Еникеев, И. З. Теплинский. — Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1991. — 224 с., ил. — (Учебники и учеб. пособия для высших учебных заведений).

ISBN 5-10-002011-3

Дана тематика курсовых работ и дипломных проектов. Рассмотрена общая методика выполнения пояснительных записок и графического материала и особенности проектирования узлов и деталей сельскохозяйственных машин

Для студентов по специальности «Механизация сельского хозяйства».

Л 3703030000-284
035(01)-91 КБ-13-83-91

ББК 40.72

ISBN 5-10-002011-3 © А. Б. Лурье (наследники),
В. Г. Еникеев, И. З. Теплинский,
1991

1. КУРСОВЫЕ РАБОТЫ

1.1. ЗАДАНИЯ НА КУРСОВЫЕ РАБОТЫ

Содержание курсовой работы и ее объем

Курсовая работа является самостоятельной работой студента и завершает изучение курса по сельскохозяйственным и мелиоративным машинам. В этой работе по заданному предмету проявляется умение студента применять на практике знания, полученные и усвоенные им в процессе изучения курса сельскохозяйственных машин и некоторых других дисциплин (теоретическая механика, теория машин и механизмов и др.). В процессе выполнения курсовой работы закрепляются и углубляются эти знания, приобретаются навыки выполнения инженерных расчетов и графических работ, подготавливаются условия для успешной работы над дипломным проектом.

В соответствии с действующей программой курса «Сельскохозяйственные и мелиоративные машины» курсовая работа должна содержать:

разработку и расчет параметров и режимов работы основных рабочих органов машин в соответствии с заданными условиями работы;

расчет технологических и энергетических процессов.

Могут выполняться и работы по моделированию на ЭВМ технологических процессов машин.

Задание на курсовую работу выдается каждому студенту индивидуально. Объем курсовой работы согласно требованиям программы курса «Сельскохозяйственные и мелиоративные машины» должен быть равен двум листам формата А1 и 20–30 страницам рукописного текста расчетно-пояснительной записки. Отклонения от этого нормативного объема будут зависеть от темы работы, объема использованных экспериментальных данных, наличия блок-схем и программ расчетов на ЭВМ и др.

Примерная тематика курсовых работ

1. Разработка схемы плуга (навесного, полу-навесного) с пневмогидравлическим предохранителем для работы на почвах, засоренных камнями.
2. Моделирование на ЭВМ технологического процесса плуга (плоскореза, глубокорыхлителя, культиватора).
3. Разработка схемы плуга (навесного, полунаавесного) и силовой анализ механизма навески.
4. Разработка схемы сеялки с системой контроля и сигнализации о нарушениях технологического процесса.
5. Расчет параметров катушечного высевающего аппарата и оценка качества посева.
6. Разработка схемы картофелепосадочной машины с устройством контроля качества технологического процесса.
7. Моделирование на ЭВМ технологического процесса сеялки (посадочной машины).
8. Разработка схемы разбрасывателя удобрений (минеральных, органических) с устройством настройки на заданную норму внесения удобрений.
9. Разработка схемы комбинированного почвообрабатывающего агрегата для заданных условий работы.
10. Оценка качества технологического процесса сеялки (посадочной машины) по результатам экспериментальных исследований.
11. Разработка схемы режущего аппарата и механизма привода к нему для косилки (комбайна, валковой жатки).
12. Разработка схемы соломосепаратора зерноуборочного комбайна с устройством контроля потерь зерна.
13. Разработка общей схемы и определение основных параметров очистки зерноуборочного комбайна.
14. Разработка общей схемы и определение основных параметров рабочего органа (решетной или воздушной частей) зерноочистительной машины.
15. Разработка общей схемы пункта для послеуборочной обработки зерна для заданного состояния зернового вороха.
16. Разработка общей схемы картофелеуборочной

машины и определение основных параметров рабочих органов.

17. Разработка технологии послеуборочной обработки картофеля и схемы механизированного пункта.

18. Разработка общей схемы мелиоративной машины (землеройной, для дренажа, для полива, камнеуборочной и т. п.) и определение параметров основного рабочего органа.

Предлагаемая примерная тематика не исчерпывает всего разнообразия машин и оборудования, которое может быть использовано в качестве объектов для курсовых работ. Для каждой из рекомендуемых тем может быть предусмотрено несколько вариантов исходных данных. Можно также разнообразить задания за счет некоторого изменения содержания графической части.

Курсовая работа по курсу «Сельскохозяйственные и мелиоративные машины» должна включать главным образом технологические решения без существенных конструктивных разработок. Поэтому в курсовой работе должны предусматриваться разработки и расчеты технологических процессов машин, агрегатов и их комплексов с эскизным проектированием какого-либо узла (механизма), реализующим те или иные элементы технологического процесса. При этом все решения должны быть направлены на повышение эффективности технологического процесса (по критериям качества, производительности). Полезны и желательны курсовые работы исследовательского характера по результатам работы студента в научно-исследовательской лаборатории и по хоздоговорной тематике, выполняемой на кафедре с широким использованием ЭВМ.

Объектами для курсовых работ могут быть машины, рабочие органы и узлы (их технологические процессы), выполняющие основные операции (вспашку, посев и др.); вспомогательные устройства и механизмы (устройства контроля и настройки, механизмы передач и др.); наконец, эскизные разработки установок и стендов для учебного процесса и научно-исследовательской работы.

Широкое использование ЭВМ для технологических и других расчетов позволяет расширить содержание курсовой работы за счет решения многовариантных

задач. Для одной и той же модели технологического процесса при различных условиях функционирования могут быть получены различные решения, в том числе и оптимальные. Меняя же параметры модели, можно найти и наиболее рациональные условия протекания технологического процесса. Таким образом, содержание курсовой работы должно предусматривать и возможность экспериментирования на ЭВМ.

Общая структура курсовых работ и примеры заданий

Индивидуальное задание на курсовую работу выдается студенту на специальном бланке. В задании указываются:

- тема курсовой работы;
- исходные данные (задаваемые величины);
- содержание расчетно-пояснительной записи;
- перечень графического материала;
- основная и дополнительная литература.

Могут быть отклонения от такой схемы заданий, особенно для тем курсовых работ, обобщающих научно-исследовательскую деятельность студентов (построение моделей технологических процессов, анализ технологических процессов по результатам экспериментальных исследований и др.).

Отчет о курсовой работе состоит из расчетно-пояснительной записи и графического материала, предусмотренного заданием. В расчетно-пояснительной записи приводятся обоснования технологической и конструктивной схем машины, узла, устройства контроля, алгоритмы, блок-схемы и программы технологических расчетов, агротехнические требования, основные регулировки и правила работы. Расчеты сопровождаются соответствующими схемами. При изложении материала в записи необходимо делать ссылки на источники, откуда заимствуются те или иные положения, определения, опытные данные и др.

Содержание графического материала обусловлено темой курсовой работы. Для большинства тем, связанных с разработкой схем машин, узлов и приспособлений, представляются общие виды (схемы) в двух проекциях. В ряде работ (моделирование на ЭВМ, разработка устройств контроля, обобщение экспери-

ментальных исследований и т. п.) в качестве графического материала могут быть представлены принципиальные и функциональные схемы, модели функционирования технологического процесса, результаты обработки информации на ЭВМ и т. п.

Ниже приведены примеры заданий по некоторым темам курсовых работ. В таком виде задания могут быть оформлены для различных вариантов предложенных тем, а также и для других примерных тем, из числа изложенных выше. В частности, для задания по разработке схемы плуга могут быть использованы варианты с полунавесным плугом и с эскизной разработкой рабочего органа (корпуса) или механизма навески. Курсовая работа по моделированию на ЭВМ технологического процесса плуга выполняется в таком же порядке и по такому же заданию, как и для технологического процесса любого другого почвообрабатывающего орудия — плоскореза, глубокорыхлителя, культиватора и др. В задании достаточно ограничиться одномерными моделями.

Для выполнения такого задания студент должен располагать информацией об изменении процессов на входе и выходе модели.

Задания по посевным и посадочным машинам, а также по машинам для внесения удобрений могут быть разнообразными. Основным условием успешного выполнения предлагаемых работ является наличие на кафедре соответствующей информации о технологических процессах этих машин в виде реальных реализаций этих процессов, полученных при экспериментальных исследованиях.

В этом отношении некоторые затруднения могут возникнуть с заданиями по уборочным машинам. Информация о протекании технологических процессов уборочных машин весьма ограничена.

Пример 1. Наименование вуза _____ Факультет _____

Кафедра сельскохозяйственных машин
Студент _____ Курс _____ Группа _____

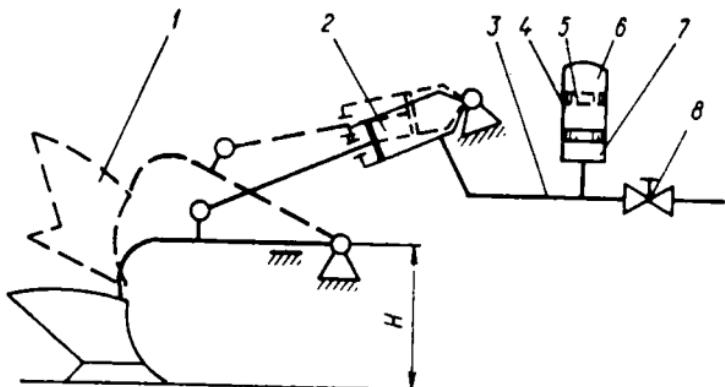


Рис. 1. Принципиальная схема пневмогидравлического предохранителя:

1 — корпус плуга; 2 — гидроцилиндр; 3 — маслопровод; 4 — пневмогидроаккумулятор; 5 — поршень; 6 — газовая полость; 7 — масляная полость; 8 — запорный вентиль

Задание на курсовую работу

Тема: «Разработка схемы четырехкорпусного навесного плуга с пневмогидравлическим предохранителем для работы на почвах, засоренных камнями».

Исходные данные:

1. Схема плуга с размещением рабочих органов.
2. Ширина захвата корпуса $b = 40$ см.
3. Наибольшая глубина вспашки $a_{\max} = 27$ см.
4. Удельное сопротивление почвы $K_y = 50 - 100$ кПа.
5. Принципиальная схема (рис. 1).
6. Наибольшее рабочее давление в пневмогидравлической системе $p_p = 8 - 10$ МПа.
7. Наибольшая высота подъема корпуса не менее 0,4 м.
8. $H = 0,8 - 1,0$ м (рис. 1).

Содержание расчетно-пояснительной записи:

1. Исходные данные.
2. Краткое содержание условий работы плуга с пневмогидравлическим предохранителем и обоснование его схемы.
3. Технологические и энергетические расчеты (тягового сопротивления корпуса и плуга, усилия срабатывания предохранителя при встрече с камнем, наибольший подъем корпуса при встрече с препятствием, возможная длина пути заглубления корпуса после преодоления препятствия и др.).
4. Правила эксплуатации плуга с предохранителями и техника безопасности.

Графический материал:

1. Схема плуга с пневмогидропредохранителями.
2. Конструктивная схема пневмогидропредохранителя.

Литература:

1. Кленин Н. И., Сакун В. А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. — 2-е изд. — М.: Колос, 1980.
2. Захаров И. К., Ким Л. Х. Обоснование объема пневмогидроаккумулятора предохранительных корпусов плуга// Тракторы и сельхозмашины. — 1982. — № 4.
3. Ким Л. Х., Захаров И. К., Спасский В. Л. Определение устойчивости хода плуга с автоматическими предохранителями//Механизация и электрификация сельского хозяйства. — 1976. — № 2.

Зав. кафедрой (подпись)
Преподаватель (подпись)

Пример 2. Наименование вуза _____ Факультет _____

Кафедра сельскохозяйственных машин

Студент _____ Курс _____ Группа _____

Задание на курсовую работу

Тема: «Моделирование на ЭВМ технологического процесса плуга».

Исходные данные:

1. Схема технологического процесса плуга с входным воздействием — профилем поверхности поля $z(t)$ и выходной переменной — глубиной вспашки $a(t)$.
2. Реализация процессов $z(t)$ и $a(t)$.
3. Максимальная расчетная глубина вспашки $a_{\max} = 27$ см; относительный допуск на отклонения глубины вспашки от настроечного (заданного) значения $a_n - \beta_a = 0,12$.

Содержание расчетно-пояснительной записи:

1. Исходные данные.
2. Модели функционирования плуга и его технологического процесса.
3. Методика обработки первичной информации и алгоритмы расчета на ЭВМ статистик реализации процессов $z(t)$ и $a(t)$ — средних значений, дисперсий, корреляционной функции и спектральной плотности. Программа расчета.
4. Построение математической модели технологического процесса.
5. Оценка качества вспашки по средней относительной длительности P сохранения заданного допуска $\beta_a = 0,12$.

Графический материал:

1. Блок-схемы моделей функционирования плуга и его технологического процесса.
2. Блок-схемы алгоритма расчетов.
3. Графики математических моделей (операторов).

Литература:

1. Лурье А. Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. — М.: Колос, 1981.
2. Лурье А. Б., Любимов А. И. Широкозахватные почвообрабатывающие машины. — Л.: Машиностроение, 1981.

Зав. кафедрой (подпись)
Преподаватель (подпись)

Пример 3. Наименование вуза _____ Факультет _____

Кафедра сельскохозяйственных машин

Студент _____ Курс _____ Группа _____

Тема: «Расчет параметров катушечного высевающего аппарата и оценка качества посева».

Исходные данные:

1. Высеваемые культуры: зерновые колосовые (пшеница, рожь, ячмень, овес).
2. Нормы высева $Q_n = 130-210$ кг/га.
3. Глубина заделки семян $h_3 = 5-8$ см.
4. Относительные допуски на колебания расхода семян и глубины заделки семян $\beta_q = 12\%$ и $\beta_h = 13\%$.
5. Диапазоны колебаний глубины заделки семян $\Delta h_3 = h_{\max} - h_{\min} = 2$ см и расхода семян $\Delta q = q_{\max} - q_{\min} = 2,2$ г/м; распределение ординат реализации процессов нормальное.

Содержание расчетно-пояснительной записи:

1. Исходные данные.

2. Алгоритм расчета:

а) рабочих объемов u_0 высевающего аппарата для заданных культур и расходов семян q г/м;

б) значений передаточных отношений i от ходовых (приводных) колес к валу высевающих аппаратов;

в) рабочие длины l_p катушек высевающих аппаратов.

3. Расчет относительной длительности P_β сохранения допусков на неравномерность расхода семян и глубины заделки семян.

4. Программа расчета на ЭВМ.

Графический материал:

1. Схема катушечного высевающего аппарата.

2. Блок-схемы алгоритмов расчета, кривые плотности распределения процессов изменения расхода семян и глубины заделки семян.

Литература:

1. Лурье А. Б., Громбчевский А. А. Расчет и конструирование сельскохозяйственных машин. — Л.: Машиностроение, 1977.

2. Лурье А. Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. — М.: Колос, 1981.

Зав. кафедрой

(подпись)

Преподаватель

(подпись)

Пример 4. Наименование вуза _____ Факультет _____

Кафедра сельскохозяйственных машин

Студент _____ Курс _____ Группа _____

Задание на курсовую работу

Тема: «Разработка технологической схемы молотилки зерноуборочного комбайна и расчет параметров молотильного аппарата и соломотряса».

Исходные данные:

1. Схема молотилки комбайна «Дон-1500».
2. Урожайность зерна $Q_{\max} = 4,5$ т/га и $Q_{\min} = 2,0$ т/га; отношение массы зерна к массе соломы 1 : 1,5.
3. Расчетные скорости передвижения комбайна от 3,5 до 7 км/ч.

Содержание расчетно-пояснительной записи:

1. Исходные данные.
2. Обоснование технологической схемы молотилки комбайна и рабочих органов.
3. Технологический расчет с определением основных размеров и режимов работы молотильного аппарата и соломотряса.
4. Настройка на работу и основные регулировки молотилки комбайна.

Графический материал:

1. Схема технологического процесса молотилки комбайна.
2. Конструктивные схемы молотильного аппарата и соломотряса.

Литература:

1. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины/Под ред. Г. Е. Листопада. — М.: Агропромиздат, 1986.
2. Кленин Н. И., Сакун В. А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. — 2-е изд.—М.: Колос, 1980.
3. Лурье А. Б., Громбчевский А. А. Расчет и конструирование сельскохозяйственных машин. — Л.: Машиностроение, 1977.

Зав. кафедрой

Преподаватель

1.2. ВЫПОЛНЕНИЕ КУРСОВЫХ РАБОТ

1.2.1. Общие указания

Из предложенного выше перечня тем курсовых работ и примеров заданий видно, что основным содержанием работ является разработка технологических процессов сельскохозяйственных и мелиоративных машин с расчетом параметров и режимов работы основных рабочих органов машин в соответствии с заданными условиями работы. Это соответствует основной цели курсовой работы (предложенной действующей программой) — закреплению теоретических положений дисциплины путем расчета процессов, выполняемых сельскохозяйственными и мелиоративными машинами.

Иногда могут быть предложены конструкторские разработки отдельных узлов и деталей (корпуса плуга, плоскореза, сошника и др.), а также приспособлений, улучшающих работу машины и ее технологического процесса. В этих случаях выполняются и расчеты на прочность, а графическая часть представляется соответствующими чертежами в соответствии с требованиями ЕСКД (см. раздел 2 — дипломное проектирование).

Стандартные узлы и детали промышленного производства должны быть начертаны с внесенными в них конструктивными изменениями. Остановимся кратко и на некоторых других общих требованиях к выполнению курсовых работ.

Расчетно-пояснительная записка к курсовой работе должна в краткой, четкой и последовательной форме раскрыть сущность работы, содержать соответствующие технологические и энергетические расчеты. Для расчетов используют формулы (математические модели), приведенные в учебниках и учебных пособиях по дисциплине «Сельскохозяйственные и мелиоративные машины», а также в монографиях, журнальных статьях и научных трудах. Текст расчетно-пояснительной записи сопровождают графиками, схемами и другим иллюстративным материалом.

Расчетно-пояснительная записка должна завершаться выводами и предложениями по улучшению или совершенствованию технологического процесса. Оглав-

ление можно помещать в начале или в конце записи. В начале пояснительной записи вслед за титульным листом (форма предлагается кафедрой) помещают задание на курсовую работу, а затем все остальные разделы.

1.2.2. Особенности расчетов технологических процессов работы сельскохозяйственных и мелиоративных машин и условий их функционирования

Непрерывное совершенствование конструкций сельскохозяйственных машин, интенсификация режимов их работы с одновременным увеличением рабочих захватов, разработка и внедрение средств автоматического контроля и управления усложняют методы выбора структуры и расчета параметров машин при их конструировании. Интенсификация режимов работы машин требует более глубокого изучения закономерностей протекания технологических и энергетических процессов, имеющих место при нормальном функционировании машин. Возникает поэтому потребность учета внутренних структур процессов, что требует более полного их математического описания и решения ряда сложных вопросов, связанных с условиями работы машин.

Сельскохозяйственные машины работают в условиях изменяющихся внешних воздействий, обусловленных разнообразными факторами: неровностями поверхности поля, физико-механическими свойствами почвы и растений, свойствами перерабатываемых и транспортируемых материалов (зерна, соломы, удобрений и т. п.). Эти факторы, главным образом переменные, влияют на неравномерность загрузки машин, тракторов и на показатели технологических процессов, выполняемых машинами, а также на энергетические затраты.

У сельскохозяйственных машин изменение внешних факторов при взаимодействии рабочих органов с обрабатываемой средой и движителей с поверхностью поля определяет сложный характер движения отдельных точек, что обуславливает в значительной степени качество ряда операций (вспашки, культивации, по-

сева). В свою очередь взаимодействие машины с обрабатываемой средой определяет и энергетические затраты на выполнение соответствующих полевых операций.

Применительно к почвообрабатывающим и посевным машинам выдержанность заданной глубины обработки почвы и глубины заделки семян в допустимых пределах одно из основных агротехнических требований, предъявляемых к качеству обработки почвы и посева. Неравномерность хода плуга в продольном и поперечном направлениях оказывается на качестве всходки и приводит к неравномерной загрузке тракторного двигателя и увеличению расхода топлива. На неравномерность тяговых сопротивлений и на технологические показатели работы машин существенное влияние оказывает и скорость движения агрегатов. С повышением скорости движения агрегатов частота возмущающих факторов (неровностей поверхности поля, сопротивления среды и др.) увеличивается.

Переменные возмущающие факторы влияют на работу уборочных машин, вызывая неравномерность загрузки как двигателя трактора или самоходной машины, так и рабочих органов, что приводит к увеличению потерь урожая. Так, по данным испытаний отечественных и зарубежных зерноуборочных комбайнов, увеличение подачи растительной массы сверх пропускной способности комбайна вызывает резкое повышение потерь зерна молотилкой. Потери зерна возрастают с увеличением влажности, соломистости и засоренности растительной массы. Изменения условий уборки приводят к частым забиваниям рабочих органов, что требует длительных остановок машин.

Внешние воздействия являются переменными как у стационарных машин и агрегатов, так и у комплексов в поточных линиях переработки и транспортировки различных материалов (зерна, растительных масс и др.).

Вместе с тем при расчете и конструировании сельскохозяйственной техники недостаточно учитываются реальные ситуации, имеющие место при нормальном функционировании машин. В большинстве случаев при расчете и конструировании сельскохозяйственных машин и их рабочих органов за основу прини-

мают статические модели, идеализируя реальные условия работы этих машин.

В связи с изложенным возникает необходимость в моделировании технологических процессов работы сельскохозяйственных машин, а также самих машин и их систем управления. Общие принципы моделирования динамических систем, классификация их по группам и методам, а также теоретические основы этих методов с широким использованием ЭВМ разработаны достаточно полно и изложены в специальной литературе. С развитием и внедрением в инженерную практику электронно-вычислительной техники все более широкое применение получают методы математического моделирования с их многочисленными разновидностями. Общей основой этих методов является математическая модель машины, технологического процесса, системы управления, т. е. их математическое описание в конкретных условиях функционирования.

Наиболее существенной особенностью условий функционирования (неровности поверхности поля, сопротивление почвы, урожайность и др.) сельскохозяйственных машин является то, что они являются случайными в вероятностно-статистическом смысле, т. е. такими, численные значения и характер изменения которых заранее неизвестны и могут быть установлены только в результате опытов. Методы количественной и качественной оценок этих условий изложены в литературе [2], [3]. Здесь же отметим только, что оценки будут вероятностными и могут быть получены лишь при обработке соответствующей информации на ЭВМ. Должны быть созданы и технические средства для сбора такой информации.

В связи с тем, что условия функционирования сельскохозяйственных машин и их технологических процессов являются случайными, то и результаты работы машин (равномерность глубины обработки почвы и заделки семян при посеве, расход энергии и др.) будут в этом же смысле также случайными. Наблюдаемые при работе различных технических устройств процессы можно условно разделить на две группы.

К *первой* группе относят процессы, обусловленные заранее известными факторами. При наличии определенной модели протекание этих процессов можно

прогнозировать с любой точностью. В любом процессе работы реальной системы имеются элементы случайности, но иногда эти случайные элементы несущественны и ими можно пренебречь. Для анализа и синтеза таких процессов и оптимизации их параметров используют детерминистические методы, разработанные на основе законов классической физики, теоретической механики и других наук. В этих методах все внешние условия функционирования и свойства самой системы рассматриваются как вполне определенные.

Вторая группа процессов, наблюдаемая при работе динамических систем, характеризуется тем, что случайные элементы в них имеют существенное значение и пренебречь ими нельзя. Только учитывая случайный (в вероятностно-статистическом смысле) характер этих процессов, можно правильно рассчитывать их параметры и оценивать получаемые результаты. Анализ и прогнозирование таких процессов без учета реальных условий их протекания могут привести к существенным ошибкам. Такими процессами следует считать практически все процессы при работе сельскохозяйственных машин, определяющие как условия их функционирования, так и результаты работы.

1.2.3. Построение моделей машин, их рабочих органов и технологических процессов

Модели функционирования сельскохозяйственных машин и их технологических процессов. Функционирование сельскохозяйственной машины (технологического процесса, системы управления) независимо от ее назначения и физической природы целесообразно рассматривать в терминах «вход» — «выход». В этом случае анализ, синтез и оптимизация параметров машины или ее технологического процесса осуществляются на основе связей между входными и выходными переменными. В качестве *входных* переменных принимают внешние возмущения (условия функционирования) и управляющие воздействия (со стороны водителя или управляющих устройств). *Выходными* переменными будут параметры, которые определяют агротехнические, энерге-

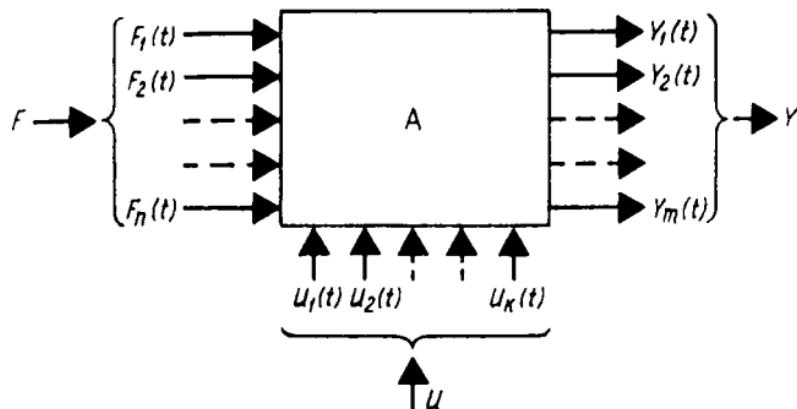


Рис. 2. Блок-схема модели функционирования машины или ее технологического процесса работы

тические, технико-экономические и другие показатели работы машины. Такой подход к построению модели функционирования сельскохозяйственного агрегата определяет его представление в виде системы, осуществляющей преобразование входных переменных в выходные.

В общем случае модель функционирования сельскохозяйственной машины можно представить в виде многомерного объекта, блок-схема которого показана на рис. 2. На входе объекта (машины, технологического процесса) действуют векторные функции условий функционирования $F = \{F_1(t), F_2(t), \dots, F_n(t)\}$ и управления $U = \{U_1(t), U_2(t), \dots, U_k(t)\}$. Выходные переменные образуют также векторную функцию $Y = \{Y_1(t), Y_2(t), \dots, Y_m(t)\}$, которая определяет агротехнические, энергетические и другие показатели работы машины (технологического процесса) при заданных векторных функциях F и U .

Термин «векторная функция» означает, что машина работает в условиях n возмущающих и k управляющих воздействий и, кроме того, эти воздействия являются функциями какого-либо аргумента t (обычно времени). Число составляющих n , m и k зависит от типа машины, степени учета различных условий функционирования и других факторов. Практически учитываемое при построении модели число переменных всегда меньше фактически действующих в реальных условиях функционирования машины. Этим в пер-

вую очередь и отличается модель от оригинала — реальной машины (технологического процесса).

Если компоненты векторных функций F и Y на входе и выходе модели функционирования сельскохозяйственной машины (технологического процесса) являются переменными, то такую модель называют *динамической*. При идеализации условий функционирования сельскохозяйственных агрегатов и предпосылке о неизменности компонентов векторов F и Y модель функционирования будет *статической*. В курсовых работах (дипломных проектах) используют в значительной мере статические модели.

Такой подход к составлению моделей функционирования сельскохозяйственных машин и определяют их представление в виде динамической системы, т. е. совокупности элементов (объектов) произвольной природы, объединенных причинно-следственными связями.

Свойства и особенности самой машины в ее модели функционирования оценивают некоторым показателем A , который называют *оператором* модели. Оператор определяет совокупность свойств машины выдавать в конкретных условиях (векторная функция F) результат в виде векторной функции Y . Поэтому символически можно записать

$$Y = A[F, U]. \quad (1)$$

Для любой пары компонентов векторных функций F и Y в интервале наблюдения $t_0 \leq t \leq T$ имеем

$$Y_j(t) = A_{ij}[F_i(t)] \quad (2)$$
$$(i=1, 2, \dots, n; j=1, \dots, m).$$

Несмотря на различия конструкций и технологических процессов почвообрабатывающих машин и орудий (плугов, плоскорезов, культиваторов для основной, предпосевной и послепосевной обработки) расчетные модели их функционирования имеют много общего. Для абсолютного большинства почвообрабатывающих орудий (с пассивными рабочими органами) основной расчетной схемой может служить модель функционирования с двумя выходными воздействиями: неровностями поверхности поля $Z_n(t)$ (рис. 3, a) и сопротивлением почвы $R(t)$. Выходными переменными будут глубина рыхления (вспашки) $a(t)$ (или другой какой-либо агротехнический пока-

затель) и тяговое сопротивление $P(t)$. Режим работы орудия обусловлен скоростью движения v_0 агрегата и настройкой глубины хода a_h рабочих органов.

Для курсовых работ можно ограничиться одномерными моделями (рис. 3, б): технологической — с входным воздействием $Z_n(t)$ и выходной переменной $a(t)$ или энергетической — с входным воздействием $R(t)$ и выходной переменной $P(t)$. Может быть использована и модель с входным воздействием $a(t)$ и выходной переменной $P(t)$ (рис. 3, в). Такая модель соответствует рациональной формуле академика В. П. Горячкина для расчета тягового сопротивления плугов, причем здесь могут быть учтены и реальные изменения (неравномерность) глубины вспашки (рыхления) $a(t)$ и тягового сопротивления плугов [3], [8]. Операторы моделей A устанавливаются по результатам экспериментальных или теоретических исследований.

Посевные и посадочные машины являются более сложными динамическими системами со значительным числом степеней свободы, и, кроме того, в них происходит непрерывное изменение структуры потока семян (посадочного материала) от высевающего аппарата до заделки их в почву.

Вместе с тем, как и у машин и орудий для обработки почвы, основными входными воздействиями в моделях функционирования остаются неровности поверхности поля $Z_n(t)$ и сопротивление почвы $R(t)$. Но выходными переменными здесь будут расход семян $q(t)$ и глубина заделки $h_3(t)$, а также тяговое

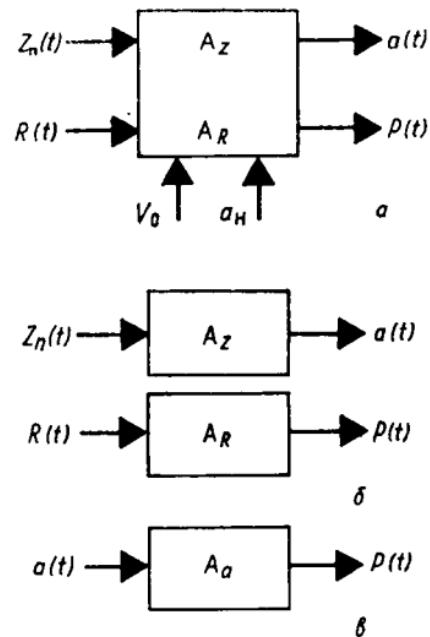
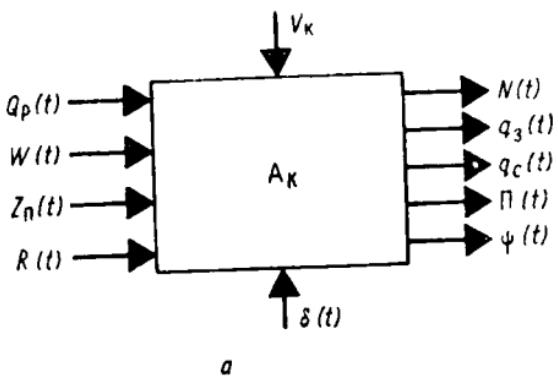
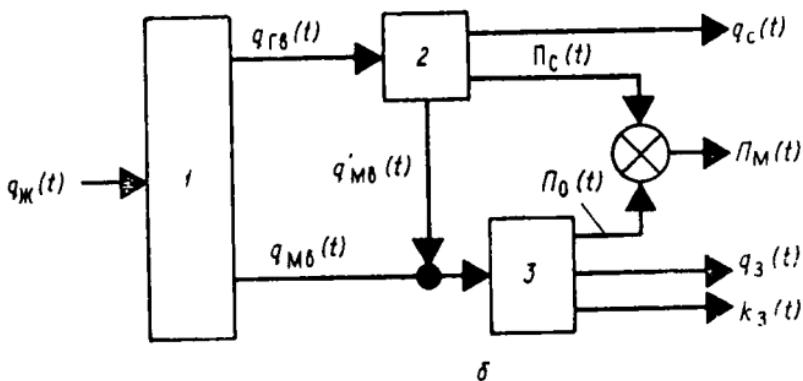


Рис. 3. Модели функционирования почвообрабатывающих орудий:
а — двухмерная; б, в — одномерные



a



б

Рис. 4. Модели функционирования зерноуборочного комбайна (а) и его молотилки (б)

сопротивление $P(t)$. В модели следует учесть и заданные условия работы (норму высева, настройку глубины хода сошников и др.). И здесь в зависимости от задач расчета и наличия информации могут быть рассмотрены упрощенные одномерные модели.

Такие же модели функционирования могут быть построены для любой сельскохозяйственной или мелиоративной машины, в том числе и для сложных уборочных машин. В частности, зерноуборочный комбайн можно рассматривать как систему, на вход которой при постоянной скорости v_k (рис. 4, а) поступает векторная функция условий функционирования F , включающая следующие компоненты: урожайность растительной массы $Q_p(t)$ и ее состояние $W(t)$ (влажность, соотношение зерна и соломы, засоренность); профиль поверхности поля $Z_n(t)$; сопротив-

ление движению $R(t)$ и др. Управляющим воздействием можно считать изменение положения $\delta(t)$ направляющих колес.

Выходными переменными могут быть мощность $N(t)$, затрачиваемая на технологический процесс; количество зерна в бункере $q_z(t)$; количество соломы $q_c(t)$; потери зерна $\Pi(t)$, направление движения $\psi(t)$ и др. Такие же модели можно построить и для отдельных рабочих органов и частей комбайна. Например, технологическую модель молотилки комбайна можно представить в виде цепочки следующих рабочих органов (рис. 4, б): молотильного аппарата 1, соломотряса 2 и системы очистки 3. На вход молотильного аппарата поступает растительная масса с жатки в количестве $q_{ж}(t)$. Выходными переменными будут количество грубого вороха $q_{г.в}(t)$, поступающего на соломотряс 2, и количество мелкого вороха $q_{м.в}(t)$, прошедшего сквозь просветы деки и поступающего в систему очистки. С соломотряса сходят солома в количестве $q_c(t)$ и мелкий ворох в количестве $q'_{м.в}(t)$. Потери с соломой обозначены на схеме $\Pi_c(t)$, а с мелким ворохом — $\Pi_o(t)$. Суммарные потери зерна молотилкой будут выражаться формулой $\Pi_m(t) = \Pi_c(t) + \Pi_o(t)$. Выходными переменными системы очистки будут количество зерна в бункере $q_z(t)$ и его качество $K_z(t)$ (чистота, влажность). Могут быть предложены и другие расчетные модели функционирования в зависимости от задач расчета, степени учета различных факторов и т. п.

Следует отметить и общие особенности моделей функционирования любых сельскохозяйственных машин и их технологических процессов. Существенной особенностью этих моделей является их многомерность, т. е. наличие многих входных и выходных переменных, причем каждое входное воздействие (услуга функционирования) может влиять на несколько выходных переменных.

Для сельскохозяйственной машины и ее технологического процесса наиболее подходящими моделями следует считать модели с несколькими входными воздействиями и одной выходной переменной (агротехнической, энергетической и др.).

Особенностью моделей сельскохозяйственных и мелиоративных машин является сложность, а подчас

и невозможность получения информации о некоторых компонентах входной F и выходной Y векторных функциях. К числу таких компонентов можно отнести сопротивление среды (почвы, растений и др.), подачу растительной массы в машину при уборке, потери урожая и др. Это затрудняет управление технологическими процессами. Практически учесть все входные переменные, влияющие на ход технологических процессов, невозможно и приходится ограничиваться лишь главными, а остальные относить к неконтролируемым воздействиям.

Существенной особенностью моделей сельскохозяйственных машин и их технологических процессов является, как уже отмечалось, случайный характер (в вероятностно-статистическом смысле) входных и выходных переменных. Поэтому количественная оценка входных и выходных переменных должна выполняться методами теории вероятностей и математической статистики.

Особенностью сельскохозяйственных машин как динамических систем является изменчивость их параметров во времени, т. е. эти машины являются, строго говоря, *нестационарными динамическими системами*. Нестационарности проявляются за счет изменения масс посевных и посадочных машин из-за опорожнения их бункеров от семенного материала, наполнения бункеров уборочных машин, а также из-за изменения геометрии рабочих органов в связи с износом и деформацией деталей. Вместе с тем на стадии разработки машин и при расчете параметров можно принять предпосылку о стационарности моделей машин. Для этих моделей предпосылка о стационарности означает, что сдвиг входного процесса $F(t)$ во времени приводит к такому же сдвигу выходного процесса $Y(t)$. Таким образом, для стационарных систем реакция $Y(t)$ не зависит от того, когда приложено входное воздействие $F(t)$, а зависит только от разности времени $t - t_0 = \tau$, текущего времени t и момента t_0 приложения входного воздействия.

Математические модели сельскохозяйственных и мелиоративных машин и их технологических процессов. В основу построения математических моделей машин и их технологических процессов положены модели функционирования по схемам на рис. 2, 3

и соотношение (1). В курсовых работах можно ограничиться одномерными моделями,

$$y(t) = A_y[f(t)], \quad (3)$$

где в общем случае $f(t)$ и $y(t)$ — реализации случайных процессов на входе и выходе модели; A_y — оператор модели.

В частных случаях (и при выполнении курсовых работ) $f(t)$ и $y(t)$ могут быть детерминированными функциями, а оператор A_y — постоянным числом, функцией, функционалом, дифференциальным уравнением и др. По существу любую зависимость между входным (причиной) и выходным (следствием) параметрами системы можно считать оператором определенного вида.

Например, для расчета тягового сопротивления P_x плугов используются различные зависимости, в частности

$$P_x = K_y a B$$

или (формула В. П. Горячина)

$$P_x = f G + k a B + \varepsilon v^2 a B.$$

В этих формулах приняты следующие обозначения: B — ширина захвата плуга; a — глубина вспашки; G — сила тяжести плуга; v — скорость движения; f , k , ε , K_y — опытные коэффициенты. Полагая ширину захвата B плуга постоянной и равной $B = nb$ (n — число корпусов, b — ширина захвата корпуса), а также $v = \text{const}$, можно представить эти формулы в следующем виде:

$$P_x = A_a a;$$

$$P_x - f G = A'_a a,$$

где операторы A_a и A'_a статические и равны $A_a = K_y / (nb)$; $A'_a = (k + \varepsilon v^2) nb$.

Этим операторам соответствует модель функционирования плуга по схеме, изображенной на рис. 3, в.

В качестве другого статического оператора можно привести зависимость для расчета мощности N на работу молотильного аппарата зерноуборочного комбайна. Как известно [4], [5],

$$N = N_o + N_c,$$

где $N_o = v b^2 q_p / (1 - f_{\text{п}})$ — мощность, расходуемая на обмолот, а $N_c = A \omega + B \omega^3$ — мощность, расходуемая на преодоление вред-

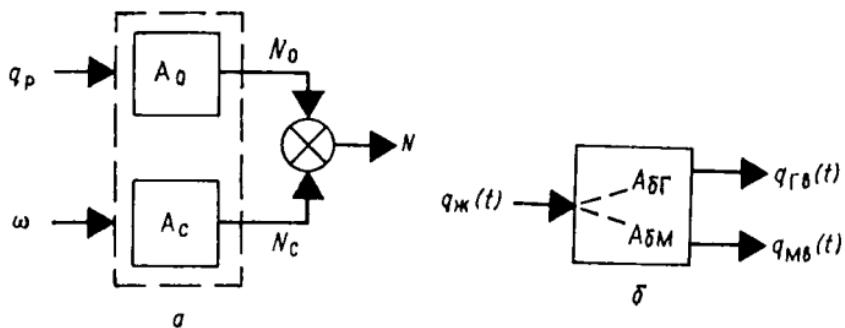


Рис. 5. Модели функционирования молотильного аппарата:
а — энергетическая; б — технологическая

ных сопротивлений (трение в подшипниках, сопротивление воздуха); q_p — расчетная подача растительной массы в барабан; ω — окружная скорость барабана; f_n — коэффициент; ω — частота вращения барабана; A, B — опытные коэффициенты.

Энергетическая модель функционирования молотильного барабана может быть представлена блок-схемой на рис. 5, а, причем для вычисления N_o принимается (по В. П. Горячкому) оператор умножения

$$A_o = v_b^2 / (1 - f_n),$$

а для вычисления N_c (по М. А. Пустыгину) более сложный нелинейный оператор $A_c = A + B\omega^2$.

Для расчетов может быть использована технологическая модель молотильного аппарата (рис. 5, б). Однако операторы $A_{б.м}$ и $A_{б.г}$ не могут быть установлены теоретически, здесь надо применить экспериментальные методы, базирующиеся на информации о процессах изменения подачи $q_ж(t)$ (вход), количества грубого $q_{г.в}(t)$ и мелкого $q_{м.в}(t)$ вороха в реальных условиях работы комбайна.

Важное значение для технологических и энергетических расчетов на ЭВМ имеют операторы в виде дифференциальных уравнений, передаточных функций, частотных и других характеристик сельскохозяйственных машин и их технологических процессов как линейных динамических систем. Наиболее часто поведение таких систем (с достаточной для практических расчетов точностью) описывается линейными дифференциальными уравнениями с постоянными коэффициентами второго порядка следующего вида:

$$a_2 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + a_1 \frac{d y(t)}{dt} + a_0 y(t) = \\ = b_1 \frac{d[f(t)]}{dt} + b_0 f(t) \quad (4)$$

или

$$T_2^2 \frac{d^2[y(t)]}{dt^2} + T_1 \frac{d[y(t)]}{dt} + y(t) = \\ = \tau_f \frac{d[f(t)]}{dt} + K_f f(t), \quad (5)$$

где $T_2^2 = a_2/a_0$; $T_1 = a_1/a_0$; $\tau_f = b_1/a_0$; $K_f = b_0/a_0$.

Дифференциальное уравнение (5) описывает малые колебания выходного показателя $y(t)$ модели функционирования машины или ее технологического процесса при входном возмущающем воздействии $f(t)$. Постоянные времени T_2 и T_1 имеют размерность времени и отражают инерционные T_2 и демпфирующие T_1 свойства модели. В установившемся (равновесном) положении, когда скорости и ускорения точек системы равны нулю, получим статистическую характеристику модели

$$y_0(t) = K_f f_0(t). \quad (6)$$

Коэффициент усиления K_f характеризует статистические свойства системы. Наконец, коэффициент τ_f также имеет размерность времени. Он отражает влияние скорости изменения входного воздействия на колебания выходной переменной $y(t)$. В ряде случаев влияние скорости незначительно и для практических расчетов с достаточной точностью можно принять $\tau_f \approx 0$. Тогда уравнение (5) примет вид

$$T_2^2 \frac{d^2[y(t)]}{dt^2} + T_1 \frac{d[y(t)]}{dt} + y(t) = K_f \frac{d[f(t)]}{dt}. \quad (7)$$

Если провести прямое преобразование Лапласа дифференциального уравнения (5), то (при нулевых начальных условиях) получим алгебраическое уравнение

$$(T_2^2 s^2 + T_1 s + 1) y(s) = (\tau_f s + K_f) f(s), \quad (8)$$

где $s = a + i\omega$ — комплексная переменная преобразования; $i = \sqrt{-1}$; ω — круговая частота; $y(s)$ и $f(s)$ — изображения переменных.

Напомним, что изображением (по Лапласу) функции $F(t)$ называется функция $F(s)$ комплексного переменного s , определяемая соотношением

$$F(s) = \int_0^{\infty} F(t) e^{-st} dt.$$

Символически преобразование Лапласа записывают обычно так: $L[F(t)] = F(s)$. Операцию нахождения изображения $F(s)$ оригинала называют прямым преобразованием, а обратную операцию — определение вида оригинала по заданному изображению — обратным преобразованием и обозначают его так: $L^{-1}[F(s)] = F(t)$. Значения изображений различных функций приводятся в специальных справочных таблицах.

Так как уравнение (8) является алгебраическим, то из него получаем

$$y(s) = \frac{\tau_f s + K_f}{T_2 s^2 + T_1 s + 1} f(s) = W_f(s) f(s). \quad (9)$$

Соотношение

$$W_f(s) = (\tau_f s + K_f) / (T_2 s^2 + T_1 s + 1) \quad (10)$$

называется передаточной функцией модели.

В случае $\tau_f \approx 0$ получим передаточную функцию более простого вида

$$W_f(s) = K_f / (T_2 s^2 + T_1 s + 1). \quad (11)$$

Если в выражение (10) подставить $s = i\omega$, то получим частотную характеристику модели

$$W_f(i\omega) = [\tau_f(i\omega) + K_f] / [T_2^2(i\omega)^2 + T_1(i\omega) + 1]. \quad (12)$$

После группировки вещественных членов и членов сомножителями $i = \sqrt{-1}$, а также отделения в выражении (12) вещественной части $u(\omega)$ от мнимой $v(\omega)$ получим

$$W_f(i\omega) = u(\omega) + i v(\omega), \quad (13)$$

где вещественная часть

$$u(\omega) = \frac{K_f(1 - T_2^2\omega^2) + T_1\tau_f\omega^2}{(1 - T_2^2\omega^2)^2 - T_1^2\omega^2}; \quad (14)$$

мнимая —

$$v(\omega) = \frac{\tau_f(1 - T_2^2\omega^2)\omega + K_f T_1 \omega}{(1 - T_2^2\omega^2)^2 - T_1^2\omega^2}. \quad (15)$$

Выражения $u(\omega)$ и $v(\omega)$ определяют соответственно вещественную и мнимую частотные характеристики, а выражения

$$A(\omega) = \sqrt{[u(\omega)]^2 + [v(\omega)]^2} \quad (16)$$

$$\text{и} \quad \varphi(\omega) = \operatorname{arctg} \left[\frac{v(\omega)}{u(\omega)} \right] \quad (17)$$

— амплитудно-частотную и фазочастотную характеристики.

Физический смысл частотных характеристик заключается в следующем. Если на вход динамической системы подать гармоническое возмущение $f(t) = A \sin \omega t$ (с амплитудой A и частотой ω), то на выходе системы получим колебания $y(t)$ той же частоты ω , но с измененной амплитудой A' и сдвигом фазы φ .

Эти характеристики описывают свойства динамической системы при подаче на ее вход колебательного воздействия любой частоты или иначе — функция $W(i\omega)$ характеризует реакцию системы на внешнее гармоническое воздействие любой частоты.

Если провести обратное преобразование (по Лапласу) передаточной функции $W(s)$, то получим

$$L^{-1}[W(s)] = H(t) \quad (18)$$

— импульсную характеристику системы.

Таким образом, для одномерной модели динамической системы основными операторами A_y , определяющими соответствующее преобразование входного воздействия $f(t)$ в выходную переменную $y(t)$, являются, помимо дифференциального уравнения, передаточная функция $W(s)$, частотная $W(i\omega)$ и импульсная $H(t)$ характеристики. Они являются наиболее полными характеристиками свойств линейной динамической системы. Напомним, что ГОСТ 21878—76 определяет оператор, по которому, как правило, каждой реализации $f(t)$ входной переменной ставится в однозначное соответствие реализация $y(t)$ выходной переменной. Физически оператор A_y определяет совокупность свойств системы (машины, рабочего органа, технологического процесса) выдавать в условиях $f(t)$ результат в виде переменной $y(t)$. Построение математической модели машины или ее техноло-

гического процесса и заключается в определении вида и структуры оператора. Поэтому оператор является наиболее общей характеристикой системы и основополагающей для расчета параметров сельскохозяйственных машин и их рабочих органов.

Определение оператора может быть выполнено теоретическими или экспериментальными методами. Для моделей сельскохозяйственных машин и их рабочих органов теоретическое определение может быть выполнено лишь при существенной идеализации реальных условий функционирования (постоянство входных воздействий, наличие равновесных режимов и др.). В этих случаях получают упрощенные операторы, главным образом статические. При наличии достаточной информации и возможности ее обработки на ЭВМ применяют более совершенные методы, которые базируются на теории идентификации [2], [6].

Как уже отмечалось выше, существенной особенностью моделей функционирования сельскохозяйственной машины и ее технологического процесса является случайный (в вероятностно-статистическом смысле) характер изменения входных и выходных переменных. Поэтому для построения математической модели (определения оператора A_y) машины (ее технологического процесса) методом идентификации необходимо:

записать синхронно (во время опытов) реализации $f(t)$ и $y(t)$ процессов на входе и выходе модели в условиях нормального функционирования;

обработать информацию $f(t)$ и $y(t)$ на ЭВМ и получить статистические характеристики реализации (средние значения, дисперсии, корреляционные функции и спектральные плотности);

определить оценку оператора A_y .

Установлено [7], что оптимальным по критерию минимума среднего квадрата ошибки является оператор в виде уравнения регрессии $m_{y|f}$ реализации $y(t)$ выходной переменной относительно входной $f(t)$, т. е.

$$m_{y|f} = M[y(t) |_{f(t)=f_i}], \quad (19)$$

где M — символ математического ожидания.

Для линейных систем

$$m_{y|f} = a + b f_i; \quad (20)$$

причем

$$a = m_y - b m_f; \quad b = \rho_{fy} \frac{\sigma_y}{\sigma_f}, \quad (21)$$

здесь m_f и m_y — средние значения реализации $f(t)$ и $y(t)$; σ_f и σ_y — средние квадратические отклонения; ρ_{fy} — наибольший коэффициент корреляции между реализациями; f_i — фиксированное значение входного воздействия.

Для некоторых моделей уравнения регрессии могут быть нелинейными.

Для значительного количества моделей функционирования сельскохозяйственных машин и их рабочих органов уравнения регрессии (20) являются достаточными для оценки связей между входными и выходными переменными. Коэффициенты a и b вычисляются на ЭВМ методом наименьших квадратов по стандартным программам. При необходимости (и по заданию на курсовую работу или дипломный проект) на ЭВМ могут быть выполнены расчеты (используя стандартные программы) коэффициентов линейных операторов: функции $W(s)$, частотных $W(i\omega)$ и импульсных $H(t)$ характеристик. Если в процессе выполнения расчетов на ЭВМ вычислялись корреляционные и спектральные плотности реализаций $y(t)$ и $f(t)$, то по известным соотношениям [2], [3] устанавливают характеристики:

частотную

$$W(i\omega) = S_{yf}(\omega) / S_f(\omega), \quad (22)$$

амплитудно-частотную

$$A(\omega) = \sqrt{S_y(\omega) / S_f(\omega)}. \quad (23)$$

Можно также вычислить и импульсную характеристику $H(t)$, решив на ЭВМ интегральное уравнение Винера — Хопфа:

$$R_{yf}(\tau) = \int_0^T H(t) R_f(t - \tau) dt. \quad (24)$$

В соотношениях (22), (23) и (24) $R_f(\tau)$ и $R_{yf}(\tau)$ — корреляционная и взаимная корреляционная функции реализаций $f(t)$ и $y(t)$ процессов на входе и выходе

модели; $S_f(\omega)$ и $S_y(\omega)$ — спектральные плотности реализаций; $S_{yf}(\omega)$ — взаимная спектральная плотность.

Точность и справедливость технологических и энергетических расчетов, выполненных по приведенным операторам (математическим моделям), зависят от степени идентичности (адекватности) расчетных моделей и их операторов A_y реальным (действительным) ситуациям, имеющим место при нормальном функционировании машины (рабочего органа, технологического процесса).

Если в процессе расчета на ЭВМ получены статистические характеристики (безусловные и условные), то степень идентичности ξ_D уравнений регрессии $m_y|_f$ [2], [7] вычисляется по соотношению

$$\xi_D = D_{\text{пр}}/D_y, \quad (25)$$

где $D_{\text{пр}}$ — дисперсия прогноза; D_y — дисперсия выходной реализации.

Дисперсия прогноза $D_{\text{пр}}$ определяет ту часть общей дисперсии D_y , которая обусловлена только принятым в модели с входным воздействием $f(t)$. В реальных условиях работы существуют и другие факторы (причины), которые не учитываются моделью. Их вклад в дисперсию D_y оценивается остаточной дисперсией $D_{\text{ост}}$, таким образом,

$$D_y = D_{\text{пр}} + D_{\text{ост}}. \quad (26)$$

Как показано в теории вероятностей [2], остаточная дисперсия равна условной дисперсии $D_y|_f$, которая представляет собой математическое ожидание квадрата отклонения ординат выходной переменной $y(t)$ от ординат линии регрессии, т. е.

$$D_{\text{ост}} = D_y|_f = M[(y - m_y|_f)^2],$$

поэтому дисперсия прогноза будет

$$D_{\text{пр}} = D_y - D_y|_f. \quad (27)$$

Для линейной регрессии

$$D_y|_f = (1 - \rho^2_{yf}) D_y; \quad (28)$$

следовательно,

$$D_{\text{пр}} = \rho^2_{yf} D_y; \quad (29)$$

откуда

$$\xi_D = D_{\text{пр}}/D_y = \rho^2_{yf}; \quad (30)$$

т. е. степень идентичности линейной модели регрессии равна квадрату коэффициента корреляции.

Значения степени идентичности ξ_D должны быть не менее 0,65—0,7. Если в результате расчета на ЭВМ получено $\xi_D < 0,65$, то необходимо скорректировать модель функционирования, добавив еще какое-либо входное воздействие $f_i(t)$.

Таким образом, для получения степени идентичности одномерной линейной модели функционирования сельскохозяйственной машины (ее рабочего органа, технологического процесса) $\xi_D > (0,65—0,7)$ наибольший коэффициент корреляции между выходной и входной переменными должен быть не менее 0,81—0,85.

Для линейных операторов в виде передаточных функций или частотных характеристик степень идентичности вычисляют по функции когерентности модели:

$$K^2(\omega) = \frac{|S_{yf}(\omega)|^2}{S_y(\omega)S_f(\omega)}, \quad (31)$$

где $|S_{yf}(\omega)|$ — модуль взаимной спектральной плотности реализаций $y(t)$ и $f(t)$.

Функция $K^2(\omega)$ определяет степень линейной связи реализации $y(t)$ и $f(t)$ на выходе и входе модели и по своему физическому смыслу аналогична квадрату коэффициента корреляции r^2_{yf} .

Так как дисперсия прогноза

$$D_{\text{пр}} = \int_0^{\infty} K^2(\omega) S_y(\omega) d\omega, \quad (32)$$

то степень идентичности модели на одинаковых частотах будет

$$\xi_D(\omega) = \int_0^{\infty} K^2(\omega) \sigma_y(\omega) d\omega \quad (33)$$

где $\sigma_y(\omega)$ — нормированная спектральная плотность выходной переменной $y(t)$.

Если переменная $y(t)$ обусловлена плотностью входной переменной $f(t)$, то $K^2(\omega) = 1$ и $\xi_D(\omega) = 1$. В случае отсутствия связей между переменными $K^2(\omega) = 0$ и $\xi_D(\omega) = 0$.

1.2.4. Расчет оценок показателя качества работы сельскохозяйственных машин

В ряде курсовых работ в качестве исходных данных используется информация в виде реализаций $f(t)$ и $y(t)$ переменных на входе и выходе модели машины или ее технологического процесса.

Эти исходные данные могут быть представлены в виде осциллограмм записей реализаций $f(t)$ и $y(t)$ или в виде массивов чисел, полученных при испытании. Они заданы для курсовой работы. Лучше всего, если эта информация получена самим студентом при выполнении научно-исследовательской работы.

Предполагается, что в рассматриваемой модели реализация $y(t)$ выходной переменной определяет качество работы машины или ее технологического процесса (глубины обработки почвы, глубины заделки семян, расхода удобрений и др.) в конкретных условиях, обусловленных реализацией $f(t)$ входной переменной.

Оценка качества работы (эффективности функционирования) машины (рабочего органа, технологического процесса) может быть выполнена по отклонениям ординат реализации $y(t)$ от настроенного (заданного) значения y_n показателя качества (глубины обработки почвы и заделки семян, расхода семян или удобрений и др.). Таким образом, отклонения

$$e(t) = y_n - y(t) \quad (34)$$

представляют собой ошибку системы (машины, технологического процесса). В общей теории управления ошибку $e(t)$ называют функцией потерь, поскольку всякая ошибка функционирования сельскохозяйственной машины вызывает потери в качестве. Для каждой сельскохозяйственной машины (технологического процесса) должны быть установлены и области допускаемых отклонений $|e(t)|_{\text{доп}}$. Поэтому условием эффективности функционирования машины по конкретному показателю $y(t)$ будет нахождение функции $e(t)$ в допускаемой области, т. е.

$$e(t) \in |e(t)|_{\text{доп}} \quad (35)$$

Эквивалентным будет и условие нахождения самой реализации в допускаемой области

$$y(t) \in |y(t)|_{\text{доп}}. \quad (36)$$

Из выражений (35) и (36) видно, что для оценки качества работы сельскохозяйственной машины по любому показателю необходимо иметь информацию о реализациях $y(t)$ и нормативные данные об ограничениях (допусках), накладываемых агротехническими, энергетическими, эксплуатационными и другими требованиями на протекание реализаций $y(t)$. Эти ограничения (допуски) для конкретного процесса определяют некоторую зону (область, поле) $F_{\text{доп}}$, за пределы которой выходы (выбросы) ординат реализации $y(t)$ нежелательны. Однако такие выбросы всегда имеют место, и поэтому существенным показателем качества работы будет средняя относительная длительность P_{Δ} нахождений ординат реализации $y(t)$ в поле допуска Δ_y [2]. По своим численным значениям допуски могут быть абсолютными и относительными. *Абсолютные* допуски Δ_{y_n} измеряются в тех же единицах, что и ординаты реализации $y(t)$, а *относительные* β_{y_n} задаются в долях настроичного (заданного) значения y_n показателя качества $y(t)$, так что

$$\beta_{y_n} = \Delta_{y_n} / y_n. \quad (37)$$

Расчет оценок качества рассмотрим на примере.

Пусть показатель, характеризующий качество работы машины (равномерность глубины обработки почвы или заделки семян, равномерность распределения семян или удобрений и др.), представлен реализацией $y(t)$ (рис. 6, а). Далее исходными (агротехническими) требованиями установлены допуски $\pm \Delta_{y_n}$ (или $\pm \beta_{y_n}$) на отклонения ординат реализации $y(t)$ от настроичного (заданного) значения.

За время наблюдения T реализация $y(t)$ может n раз пересекать границы допусков Δ_{y_n} . Длительности выбросов определяются отрезками $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$, а длительности интервалов между ними — $\Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_n$. В общем случае в пределах одной реализации $y(t)$ длительностью T значения τ_i и Θ_i ($i=1, 2, 3, \dots, n$) различны и случайным образом меняются в реализации. Непосредственно из реализации получают значение Θ_i и определяют фактическую среднюю

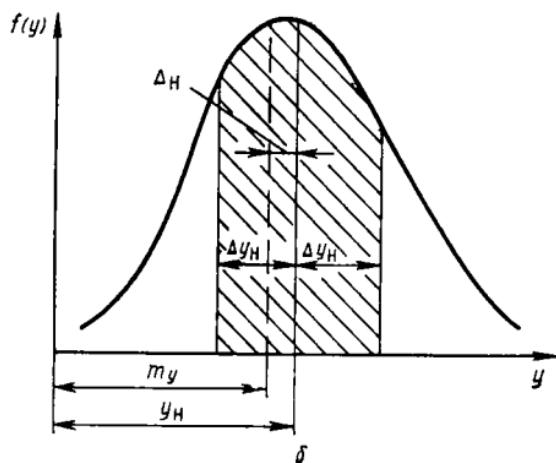
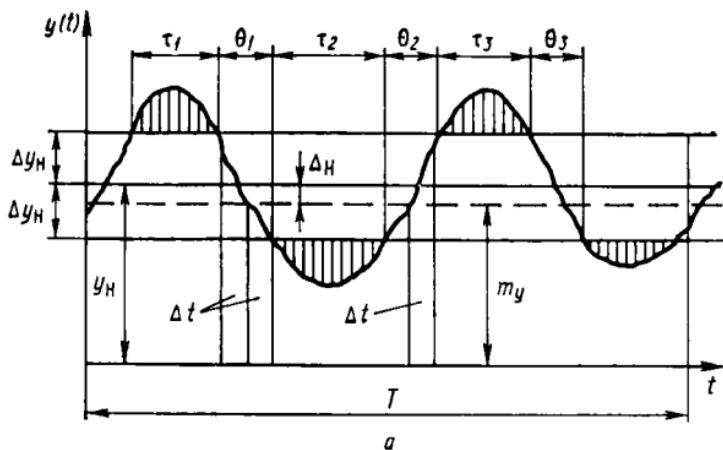


Рис. 6. Реализация показателя качества $y(t)$ (а) и одномерная плотность распределения $f(y)$ (б)

относительную длительность P_Δ пребывания ординат реализации $y(t)$ в поле допуска:

$$P_\Delta = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n \Theta_i. \quad (38)$$

Средняя относительная длительность выбросов ε_Δ будет

$$\varepsilon_\Delta = 1 - P_\Delta. \quad (39)$$

Можно разбить время наблюдения T на m интервалов Δt ($T = m\Delta t$) и установить по осциллограмме реализации $y(t)$ число случаев m_Δ нахождения ординат реализации в поле допуска. В этом случае

$$P_{\Delta} = m_{\Delta}/m. \quad (40)$$

Можно по реализации определить и число выбросов n_{Δ} в единицу времени. Указанные оценки являются обобщенными и учитывают характер изменения и внутреннюю структуру показателя качества $y(t)$.

В самом деле, пусть одномерная плотность $f(y)$ распределения ординат показателя качества $y(t)$ представляется графиком на рис. 6, б. Из графика видно, что вероятность сохранения заданного допуска $\pm \Delta_{y_{\text{н}}}$ определяется заштрихованной площадью между кривой $f(y)$ и границами поля допуска, т. е.

$$P_{\Delta} = \int_{y_{\text{н}} - \Delta_{y_{\text{н}}}}^{y_{\text{н}} + \Delta_{y_{\text{н}}}} f(y) dy. \quad (41)$$

Из соотношения (41) видно, что теоретическая средняя длительность P_{Δ} сохранения заданного допуска $\Delta_{y_{\text{н}}}$ определяется видом распределения $f(y)$.

Для нормального распределения

$$P_{\Delta} = \Phi(Z_2) - \Phi(Z_1), \quad (42)$$

где $\Phi(Z)$ — функция Лапласа (табл. 1), а

$$Z_1 = \frac{y_{\text{н}} - \Delta_{y_{\text{н}}} - m_y}{\sigma_y}; \quad Z_2 = \frac{y_{\text{н}} + \Delta_{y_{\text{н}}} - m_y}{\sigma_y}.$$

Так как $y_{\text{н}} - m_y = \Delta_{\text{н}}$ (рис. 6, б), то

$$P_{\Delta} = \Phi \left(\frac{\Delta_{y_{\text{н}}} - \Delta_{\text{н}}}{\sigma_y} \right) + \Phi \left(\frac{\Delta_{y_{\text{н}}} + \Delta_{\text{н}}}{\sigma_y} \right). \quad (43)$$

Если $\Delta_{\text{н}} = 0$ (допуск отсчитывается от среднего значения m_y), то

$$P_{\Delta} = 2\Phi(\Delta_{y_{\text{н}}}/\sigma_y). \quad (44)$$

Все эти оценки вычисляются на ЭВМ.

Оценки числа выбросов n_{Δ} за поле допуска $\Delta_{y_{\text{н}}}$ при нормальном распределении [2] определяют по выражению

$$n_{\Delta} = \frac{\omega_{\kappa}}{2\pi} e^{-\frac{(\Delta \pm \Delta_{y_{\text{н}}})^2}{2\sigma_y^2}}, \quad (45)$$

где $\omega_{\kappa} = \sigma_v/\sigma_y$, причем σ_v и σ_y — средние квадратические отклонения скорости изменения и самого показателя $y(t)$.

1. Значения функции Лапласа

z	$\Phi(z)$	z	$\Phi(z)$	z	$\Phi(z)$
0,00	0,0000	1,30	0,4032	2,60	0,4953
0,05	0,0199	1,35	0,4115	2,65	0,4960
0,10	0,0398	1,40	0,4192	2,70	0,4965
0,15	0,0596	1,45	0,4265	2,75	0,4970
0,20	0,0793	1,50	0,4332	2,80	0,4974
0,25	0,0987	1,55	0,4394	2,85	0,4978
0,30	0,1179	1,60	0,4452	2,90	0,4981
0,35	0,1368	1,65	0,4505	2,95	0,4984
0,40	0,1554	1,70	0,4554	3,00	0,4987
0,45	0,1736	1,75	0,4599	3,05	0,4989
0,50	0,1915	1,80	0,4641	3,10	0,4990
0,55	0,2088	1,85	0,4678	3,15	0,4992
0,60	0,2258	1,90	0,4713	3,20	0,4993
0,65	0,2422	1,95	0,4744	3,25	0,4994
0,70	0,2580	2,00	0,4773	3,30	0,4995
0,75	0,2734	2,05	0,4798	3,35	0,4996
0,80	0,2881	2,10	0,4821	3,40	0,4997
0,85	0,3023	2,15	0,4842	3,45	0,4997
0,90	0,3159	2,20	0,4861	3,50	0,4998
0,95	0,3289	2,25	0,4878	3,55	0,4998
1,00	0,3413	2,30	0,4893	3,60	0,4998
1,05	0,3531	2,35	0,4906	3,65	0,4999
1,10	0,3643	2,40	0,4918	3,70	0,4999
1,15	0,3749	2,45	0,4929	3,75	0,4999
1,20	0,3849	2,50	0,4938	3,80	0,4999
1,25	0,3944	2,55	0,4946	3,90	0,5000

1.2.5. Алгоритмы расчетов и их блок-схемы

Общие указания. Технологические, энергетические и конструктивные расчеты сельскохозяйственных машин и их рабочих органов представляют собой вычислительный процесс, выполняемый над совокупностью формул и соотношений. Эта совокупность формул, зависимостей и соотношений и является математической моделью (алгоритмом) функционирования объекта. При реализации процесса на ЭВМ возникает необходимость в четком, полном и ясном описании этого процесса и условий, при которых используется та или иная формула, а также ограничений, накладываемых на значения отдельных переменных.

Полное, точное и последовательное описание вычислительного процесса на ЭВМ и представляет со-

бой алгоритм расчета. Построение алгоритма является наиболее существенным этапом решения любых задач на ЭВМ и выполняется на алгоритмическом языке. Под алгоритмическим языком обычно понимают систему обозначений и правил для записи алгоритмов и их исполнения.

Алгоритмический язык содержит совокупность правил (действий), выполняемых на обычном языке, с помощью математических формул и других обозначений (величин, функций и др.). Алгоритмический язык лежит в основе языков программирования, т. е. языков, на которых составляется программа для решения задачи на конкретной ЭВМ.

Блок-схема алгоритма расчета представляет собой графическое изображение последовательности действий при реализации алгоритма на ЭВМ. Схема составляется из элементов в виде плоских геометрических фигур (прямоугольников, ромбов и др.), имеющих определенный смысл и обозначающих различные действия. Фигуры на блок-схеме соединяются между собой стрелками, указывающими направление перехода от одной операции к другой. Внутри фигур указывают те конкретные операции, которые выполняют в данном блоке и обычно в виде математических символов или записи текстом.

Для построения блок-схем могут быть использованы различные геометрические фигуры и символы. Однако лучше всего пользоваться комплектом трафаретов «Символы в схемах алгоритмов и программ». Некоторые символы и обозначения, которые могут быть использованы при выполнении курсовых работ и дипломных проектов, приведены в табл. 2. Могут быть использованы и другие специальные обозначения.

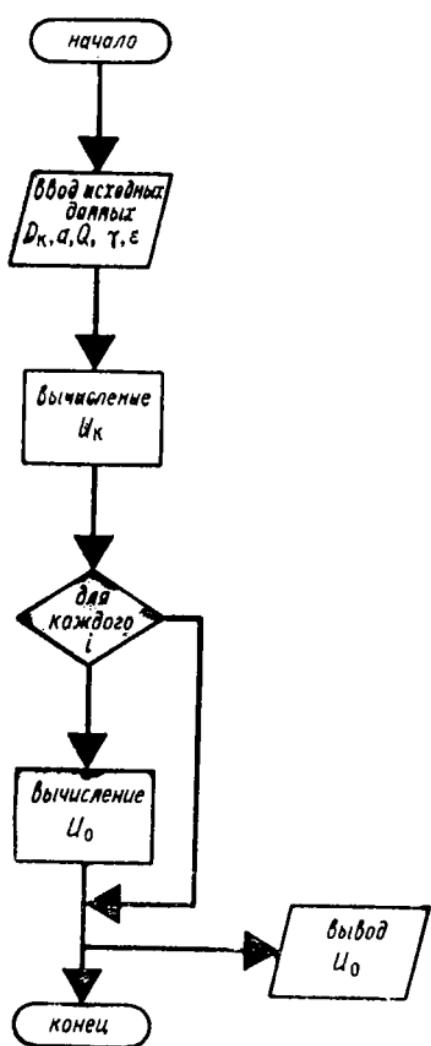
Алгоритм расчета, записанный в указанном виде, не может непосредственно быть воспринятым ЭВМ. Для использования ЭВМ необходимо перевести запись алгоритма на язык машины, т. е. составить программу на соответствующем языке (ПАСКАЛЬ, ФОРТРАН, БЕЙСИК и др.) в кодах конкретной машины.

Примеры составления алгоритмов и построения их блок-схем

1. Пусть в процессе выполнения курсовой работы (дипломного проекта) по расчету технологического процесса зерновой сеялки необходимо вычислить рабочие объемы их катушечного высевающего аппарата для всего диапазона передаточных отношений i от i_{\min} до i_{\max} , предусмотренного передаточными механизмами сеялки, и для конкретной нормы высева Q , кг/га.

Расчет выполняется по соотношению

$$U_0 = \pi D_k a Q / [1000(1-\varepsilon)\gamma i],$$



где D_k — диаметр ходового колеса сеялки, м; a — ширина между рядами, см; γ — объемная масса семян, г/см³; ε — коэффициент скольжения колеса.

Алгоритм расчета по блок-схеме на рис. 7 предусматривает вычисление сначала объема U_k , высеваемого за 1 оборот ходового колеса, а затем искомых рабочих объемов $U_0 = U_k / i$.

На ЭВМ легко получить по этому алгоритму и значения V_0 для норм высева различных культур — от Q_{\min} до Q_{\max} . Из приведенных формул видно, что эти нормы могут быть получены изменением U_k (за счет изменения рабочей длины катушки) и передаточного отношения i от ходового колеса к валу высевающего аппарата.

Рис. 7. Блок-схема алгоритма расчета рабочего объема катушечного высевающего аппарата

2. Некоторые символы и обозначения для блок-схем

Обозначения	Нанменования
	Процесс вычисления
	Условие, решение, сравнение
	Пуск — остановка, начало — конец
	Документ, исходные данные
	Линия потока
	Параллельные действия
	Ввод — вывод

По блок-схеме составляют программу расчета для соответствующей ЭВМ.

2. Построим блок-схему алгоритма расчета на ЭВМ вероятных характеристик (среднего значения m_y , дисперсии D_y , коэффициента вариации V_y), нормированных корреляционной функции $\rho_y = (\tau)$ и спектральной плотности $\sigma_y(\omega)$ процесса изменения параметра, заданного реализацией $y(t)$.

Алгоритм расчета следующий. С реализацией $y(t)$ вручную или на специальном приборе снимают массив N ординат y_i с интервалом дискретизации Δt . Формирование массива N чисел из исходной реализации (осциллограммы, профиллограммы), полученной за время наблюдения T , производят дискретизацией реализации $y(t)$ так, что $T = N\Delta t$. Практически можно ограничиться $N = 150—200$. Важно, чтобы на про-

тяжении интервала Δt процесс изменялся сравнительно мало.

В оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) вводятся массив чисел N , масштаб Ma ординат и число классов K , на которое разбит весь массив N . Обычно принимают $K=1+3,32 \log N$. Практически для процессов при работе сельскохозяйственных агрегатов достаточно ограничиться числом классов $K=7-9$. Далее вычисляют:

а) классовый интервал $\lambda=\Delta y/K$, где $\Delta y=y_{\max}-y_{\min}$;

б) границы классов и частоты P_i каждого класса $P_i=n_i/N$, где n_i — число ординат в каждом классе;

в) среднее значение выборки $m_y=\sum_i^k y_i' P_i$, где y_i' — среднее значение y_i в каждом классе;

г) дисперсию $D_y=\sum (y_i' - m_y)^2 P_i$ и среднее квадратическое отклонение $\sigma_y=\sqrt{D_y}$;

д) оценки корреляционной функции $R_y(\tau)$ и спектральной плотности $S_y(\omega)$:

$$R_y(\tau)=R(m\Delta t)=\frac{1}{N-m} \sum_{k=1}^{N-m} y_k^0 y_{k+m}^0$$

и

$$S_y(\omega)=\frac{\Delta \tau}{\pi} [R_y(0) + 2 \sum_{i=1}^n R_y(i\Delta \tau) \cos \omega(i\Delta \tau)],$$

где y_k^0 — текущая центрированная ордината реализации процесса в момент времени t_k ; y_{k+m}^0 — центрированная ордината в момент $t_k+\tau$; $m=0, 1, 2, 3, \dots, n$ — число, определяющее величину сдвига τ ; $\Delta \tau=\Delta t$.

При $m=0$ получают дисперсию реализации процесса $R(0)=D_y$ и нормированные значения корреляционной функции $\rho_y(\tau)=R_y(\tau)/D_y$, а также спектральной плотности $\sigma_y(\omega)=S_y(\omega)/D_y$.

В соответствии с указанным алгоритмом строят блок-схему расчета (рис. 8), а по ней — программу для конкретной ЭВМ. Используют существующие стандартные программы из пакетов программ расчетов на ЭВМ.

На схеме (рис. 8) принято дополнительно обозначение (кроме указанных в тексте): n — количество

во коэффициентов корреляции $R_j(\rho_j)$ и точек спектральной плотности.

Следует иметь в виду, что полученная при экспериментах реализации $y(t)$ является некоторой выборкой из совокупности всех возможных реализаций. Поэтому при вычислении характеристик (средних значений, дисперсии, корреляционных функций и др.)

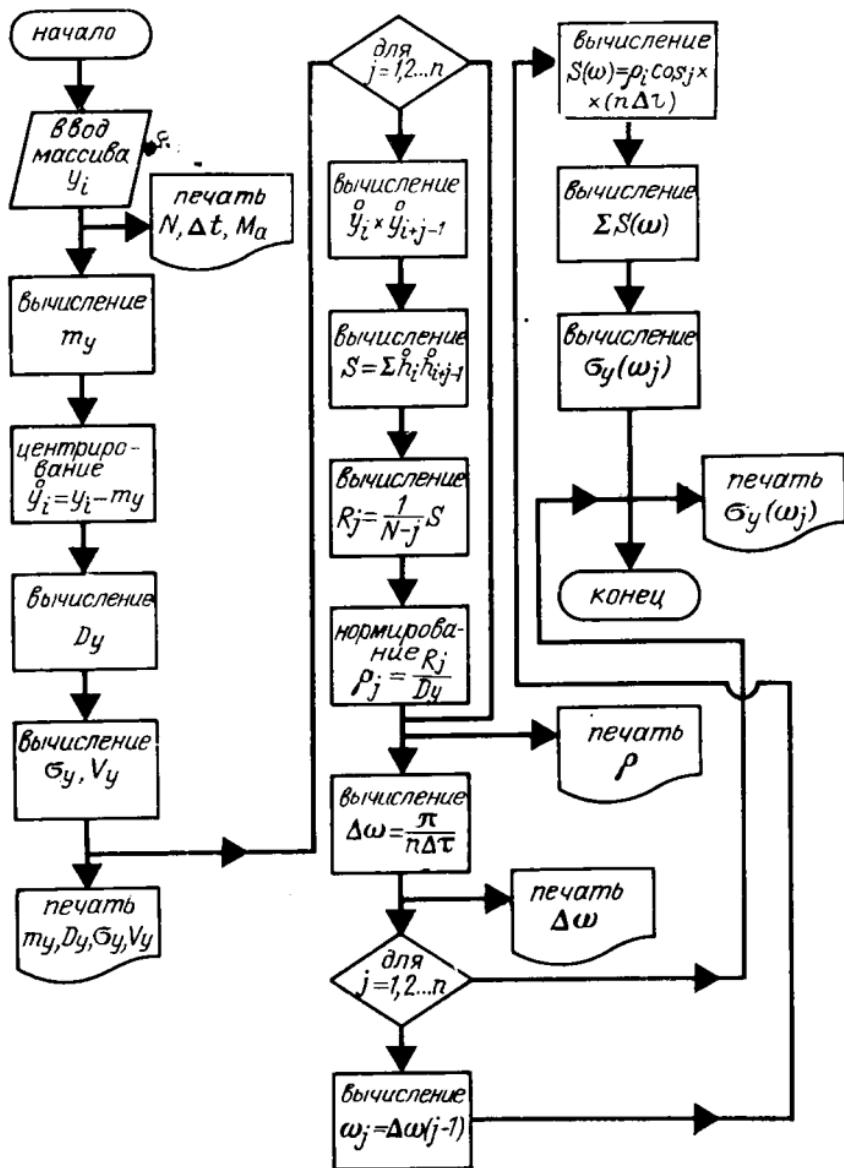


Рис. 8. Блок-схема алгоритма расчета оценок вероятностных характеристик реализации $y(t)$

получают не истинные значения, а их оценки, которые являются сами по себе случайными величинами или функциями.

Обработку результатов опытов на ЭВМ необходимо проводить так, чтобы вероятность отклонения оценки от истинного значения вероятностной характеристики была наименьшей, а для этого оценка должна быть состоятельной, несмещенной и эффективной.

Состоятельность оценки B^*_{ν} любой характеристики B_{ν} случайного процесса (величины) оценивается следующим соотношением:

$$P[|B^*_{\nu} - B_{\nu}| \leq \varepsilon] \rightarrow 1, \quad (46)$$

которое означает, что вероятность P отклонения оценки B^*_{ν} характеристики от истинного ее значения B_{ν} , на сколь угодно малую величину ($\varepsilon \rightarrow 0$) должна при $N \rightarrow \infty$ стремиться к единице.

В соотношении (46) величина B^*_{ν} определяет любую характеристику (математическое ожидание, дисперсию, корреляционную функцию, спектральную плотность и др.). Так, например, состоятельность оценки m^*_{ν} математического ожидания одной реализации процесса будет определяться следующим образом:

$$P[|m^*_{\nu} - m_{\nu}| \leq \varepsilon] \rightarrow 1.$$

Для оценки корреляционной функции условие состоятельности имеет вид

$$P[|R^*_{\nu}(\tau) - R_{\nu}(\tau)| \leq \varepsilon] \rightarrow 1.$$

Несмещенной называют такую оценку B^*_{ν} , математическое ожидание $M[B^*_{\nu}]$ которой совпадает с истинной характеристикой B_{ν} реализации случайного процесса, т. е. $M[B^*_{\nu}] = B_{\nu}$. Несмещенность оценки характеризуется отсутствием систематической ошибки. Это значит, что при повторении эксперимента среднее из полученных оценок стремится к значению искомой характеристики. В частности, оценка математического ожидания m_{ν} в виде среднего значения реализации случайного стационарного и эргодического процессов является несмещенной.

Оценка дисперсии вычисляется по формуле

$$D_y^* = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - m_y^*)^2. \quad (47)$$

Наличие в знаменателе формулы величины $(N-1)$ вместо N обусловлено тем, что для получения несмещенной оценки дисперсии надо эмпирическую дисперсию (при делении суммы квадратов отклонения на N) умножить на $N/(N-1)$. Эффективность оценки B_y^* определяется значением ее дисперсии $D[B_y^*]$. Так как каждая оценка является случайной величиной (или функцией), то важно добиться, чтобы она имела наименьшую дисперсию, т. е. наименьшее рассеивание относительно оцениваемой величины.

Практически при вычислении на ЭВМ оценок B_y любых вероятностных характеристик возникает вопрос о точности и надежности оценок, поскольку вычисление сопровождается неизбежными погрешностями $\Delta B_y = B_y^* - B_y$ по целому ряду причин.

О надежности оценки судят обычно по вероятности P_α того, что абсолютное отклонение ΔB_y оценки будет оставаться меньше некоторой заданной величины a , т. е.

$$P_\alpha = P[|B_y^* - B_y| < a]. \quad (48)$$

Вероятность P_α называют доверительной вероятностью. Она характеризует надежность оценки и определяет вероятность того, что искомая характеристика B_y располагается в интервале между $(B_y^* - a)$ и $(B_y^* + a)$, т. е.

$$(B_y^* - a) < B_y < (B_y^* + a). \quad (49)$$

Этот интервал называют доверительным интервалом.

1.2.6. Примеры выполнения курсовых работ

Пример 5. Задание на курсовую работу

Тема: «Разработка схемы навесного плуга и силовой анализ механизма навески».

Исходные данные:

1. Схема плуга.
2. Ширина захвата корпуса $b = 35$ см.

3. Удельное сопротивление почвы K_y — до 80 кПа.
4. Наибольшая глубина вспашки $a_{\max} = 30$ см.
5. Среднее квадратическое отклонение глубины вспашки $\sigma_a = 2,5$ см.

Содержание расчетно-пояснительной записи:

1. Обоснование схемы плуга и его основных параметров.
2. Расчет вертикальной N_z реакции почвы на опорное колесо плуга и заглубляющего момента.
3. Настройка плуга на работу, регулировка и проверка качества вспашки.

Графический материал:

1. Конструктивная схема плуга с расчетными значениями параметров.
2. Схемы механизма навески с графоаналитическим расчетом.

Литература:

1. Кленин Н. И., Сакун В. А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. — 2-е изд. — М.: Колос, 1980.
2. Лурье А. Б., Громбчевский А. А. Расчет и конструирование сельскохозяйственных машин. — Л.: Машиностроение, 1977.

Порядок выполнения работы

1. **Обоснование схемы плуга и его основных параметров.** Навесные плуги общего назначения выполнены по единой конструктивной схеме (см. рис. 9) независимо от числа корпусов. Они рассчитаны для навешивания на тракторы соответствующего тягового класса, оборудованные гидравлической системой управления.

Стандартная конструктивная схема навесного плуга предусматривает одно опорное колесо. В транспортном положении масса плуга полностью воспринимается трактором. Во время работы глубина вспашки регулируется винтом, который изменяет положение опорного колеса, ограничивающего заглубление корпусов. Агрегатируется с трактором класса тяги $P_t = 30$ кН. Для указанного номинального тягового усилия расчетная ширина захвата B_p плуга для заданного наибольшего удельного сопротивления K_y будет

$$B_p = \eta \frac{P_t}{K_y a_{\max}}.$$

Полагая коэффициент использования тягового усилия трактора $\eta=0,96$, получим при наибольшей глубине вспашки $a_{\max}=30$ см наибольшую расчетную ширину захвата

$$B_p = 0,98 (30 \cdot 10^4 / 70 \cdot 30) \approx 141 \text{ см.}$$

В силу переменных почвенных условий и колебаний усилия P_t для выбранного B в реальных условиях эксплуатации будет изменяться и коэффициент использования тягового усилия η . Однако в современных условиях при наличии технологических комплексов машин и государственных стандартов на корпуса плугов ширина захвата B определяется по ширине захвата b корпуса, т. е. $B=nb$. Для четырехкорпусного плуга $n=4$ при $b=35$ см (по заданию) имеем $B=4 \cdot 35=140$ см.

Основными параметрами навесного плуга (рис. 9), определяющими размещение корпусов и других узлов на раме, являются число корпусов, ширина захвата b корпуса и перекрытие Δb между корпусами, захват предплужника b_1 , глубина вспашки для корпусов a и для предплужников a_1 , расположение дис-

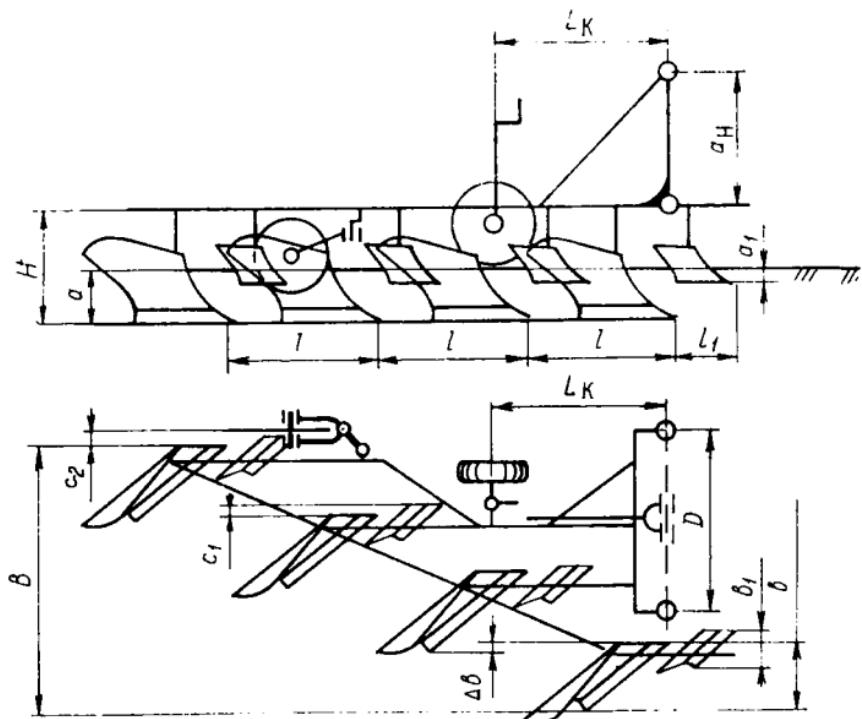


Рис. 9. Схема навесного плуга

кового ножа, расстояние между корпусами l , расстояние l_1 между носками предплужника и основного корпуса, высота H расположения рамы над опорной плоскостью корпусов. Число корпусов, ширина их захвата и наибольшая глубина вспашки a_{\max} являются заданными параметрами. Отечественные плуги для обработки различных по физико-механическим свойствам почв комплектуются, как правило, корпусами с шириной захвата 35 и 40 см.

В современных плугах общего назначения дисковый нож устанавливается лишь у заднего корпуса. На задернелых и вновь осваиваемых почвах ножи могут устанавливаться у каждого корпуса. Дисковый нож подрезает обычно пласт на глубину, несколько большую, чем предплужник (на 2—3 см).

В передней части рамы укреплена подвеска с двумя цапфами и стойкой для присоединения к тягам навесного устройства трактора. Здесь же смонтировано опорное колесо. Основные размеры подвески (a_n , D) согласованы с параметрами навесных устройств тракторов. В поперечно-вертикальной плоскости присоединительный треугольник размещается так, чтобы трактор правильно располагался относительно стенки борозды, образуемой плугом.

Кромка гусеницы должна располагаться на расстоянии не менее 0,2 м от стенки борозды. Если это условие не соблюдается, то возможны разрушение стенки борозды и сползание трактора в борозду. Однако чрезмерное удаление гусеницы от стенки борозды затрудняет вождение агрегата и ухудшает устойчивость хода плуга в горизонтальной плоскости.

При работе плугов с колесными тракторами классов тяги 9—14 кН правые колеса трактора идут по борозде. Более мощные колесные тракторы типа Т-150К и «Кировец» при вспашке перемещаются всеми колесами по непаханой части поля, причем правые колеса должны располагаться на расстоянии 20—30 см от стенки борозды.

Размещение рабочих органов (корпусов, предплужников, ножей) у всех типов плугов общего назначения примерно одинаковое и должно обеспечивать нормальную вспашку без забивания их почвой и растительными остатками. Многолетней практикой эксплуатации лемешных плугов установлено, что рас-

стояние l между носками основных корпусов 75—80 см. Расстояние между корпусами по ширине захвата обусловлено перекрытием Δb ; обычно принимается $\Delta b = 2—4$ см.

Значение высоты H расположения рамы устанавливается из условия свободного подъема и обрата пласта сечением $a_{\max} \times b$. Обычно принимают $H = \beta \sqrt{b^2 + a_{\max}^2}$; причем $\beta = 1,2—1,25$. Для заданных условий и при $\beta = 1,2$ получим $H = 1,2 \sqrt{35^2 + 30^2} \approx 52,8$ см.

Каждый последующий корпус должен быть смещен относительно предыдущего в сторону необработанного поля на величину b_k — ширину захвата корпуса и по ходу агрегата — на величину c . При этом значение c должно быть таким, чтобы расстояние между корпусами в ряду $l = \sqrt{b^2 + c^2}$ было достаточно для свободного перемещения пласта по лемешно-отвальной поверхности без касания тыльной стороны поверхности предыдущего корпуса.

Таким образом, в схеме компоновки рабочих органов плугов корпуса располагаются на одной линии под углом γ к направлению движения агрегата, причем $\sin \gamma = b/l$.

Расположение предплужников на раме плуга должно обеспечивать свободный проход пластов с корпусами и предплужниками, что определяет в конечном счете правильную заделку верхнего задернелого пласта, срезаемого предплужником, пластом основного корпуса. Расстояние между носками предплужников и основных корпусов принимают равным $l_1 = 30—35$ см. Вынос полевого обреза предплужников относительно полевого обреза корпуса принимают равным $c_1 \approx 0,5—0,1$ см. Положение предплужника по высоте регулируется в зависимости от глубины вспашки a так, чтобы $a_1 \approx (0,4—0,5) a$.

Дисковый нож устанавливают так, чтобы вертикальный диаметр диска проходил через носок предплужника. Предусматривают также вынос диска в сторону непаханого поля на величину $c_2 = 1,0—1,5$ см.

Общая схема плуга в масштабе с выбранными параметрами и размещением рабочих органов представляется в двух проекциях на листе формата A_1 .

2. Расчет вертикальной реакции N_z почвы на опорное колесо плуга. А. По заданным (выбранным) размерам звеньев вычерчивают в масштабе механизм навески плуга на трактор в четырех положениях плуга при различных настройках глубины вспашки. Диапазон изменения глубины вспашки $\Delta a = a_{\max} - a_{\min}$ разбивается на четыре части. Так как по заданию распределение глубины вспашки нормально, то

$$a_{\max} \approx m_a + 3\sigma_a;$$

$$a_{\min} \approx m_a - 3\sigma_a.$$

Из этих выражений находят среднее значение m_a и минимальное значение a_{\min} . В частности, для данного примера (см. задание) имеем:

$$m_a = 30 - 3 \cdot 2,5 = 22,5 \text{ см};$$

$$a_{\min} = 22,5 - 3 \cdot 2,5 = 15 \text{ см}.$$

Примечания: 1. При выполнении курсовой работы размеры звеньев механизма либо получают при оформлении задания от преподавателя, либо из чертежей или других справочных материалов. Графоаналитический расчет реакции N_z является содержанием второго листа графического материала.

2. При размещении схем механизма на листе форматом A_1 можно для каждого рабочего положения механизма строить отдельную схему или одну схему для двух положений. Не следует размещать на одной схеме все четыре положения механизма.

Б. После вычерчивания схемы механизма в проекции на продольно-вертикальную плоскость отмечаются точки E_N и E_R (рис. 10) приложения реакции N_z и результирующей силы R сопротивления:

$$\bar{R} = (\bar{G} + \bar{R}_z) + \bar{R}_x.$$

Направление силы R наносится на схему с учетом того, что

$$\operatorname{tg} \Theta = R_x / (G + R_z),$$

здесь G — сила тяжести плуга; R_x и R_z — составляющие силы сопротивления почвы.

Для расчетов принимают:

$$R_x \approx K_y a B,$$

$$R_z \approx (0,2 - 0,25) R_x.$$

В. Строят план скоростей механизма, выбрав за полюс точку D . Полагая, что точки E_N и E_R принадлежат звену MK механизма $DMKN$, находят в плане скоростей точки e_N и e_R , одноименные с точками E_N и E_R . В эти точки переносят силы N_z , R_x и $G + R_z$.

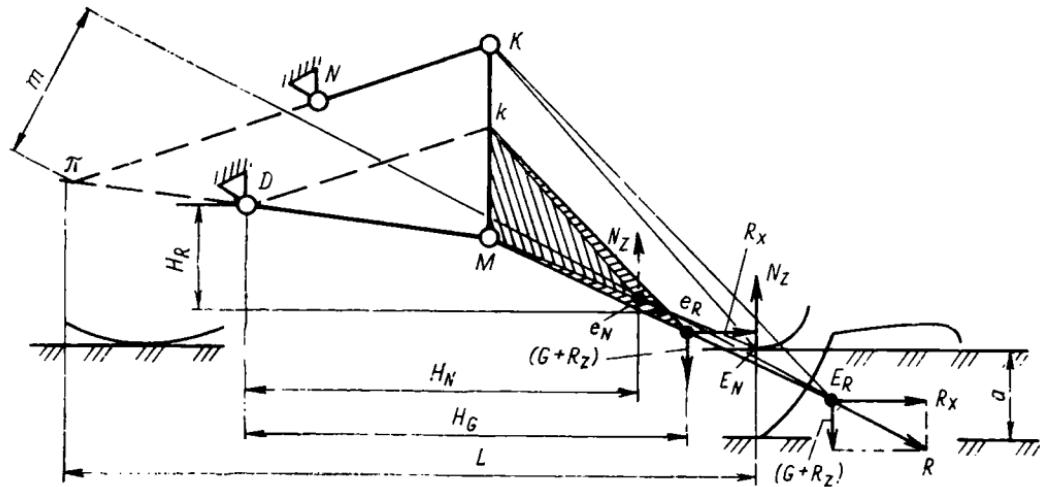


Рис. 10. Схема для графоаналитического расчета реакции N_z

Из уравнения равновесия моментов сил (в плане скоростей) относительно полюса

$$(G + R_z) H_G - R_x H_R - N_z H_N = 0$$

находим

$$N_z = (H_G/H_N) (G + R_z) - (H_R/H_N) R_x.$$

Значения плеч H_G , H_N и H_R берутся непосредственно из схемы механизма.

Г. Для устойчивого хода навесного плуга на заданной глубине необходимо, чтобы мгновенный центр π вращения звена KM механизма $DMKN$ располагался впереди оси подвеса M плуга на нижние тяги DM (рис. 10). Для равновесия в любом положении необходимо (без учета сопротивления качению опорного колеса), чтобы

$$Rm = N_z L,$$

где R — проекция на продольно-вертикальную плоскость равнодействующей всех сил, действующих на плуг; L — расстояние от центра до силы N_z .

Произведение $Rm = M_3$ называют заглубляющим моментом навесного плуга. Для расчетов рекомендуют принимать $M_3^0 = 60—80$ Н·м на 1 см ширины захвата плуга. Заглубляющий момент уравновешивается моментом от реакции почвы N_z на опорное колесо. Таким образом, для устойчивого хода плуга по глубине необходимо, чтобы $N_z \geq N_{z\min} = (M_3^0 B)/L$.

Для каждого положения механизма рассчитывают значение заглубляющего момента. По результатам расчетов полезно построить графики $M_3 = f(a)$.

3. Настройка плуга на работу, основные регулировки и проверка качества вспашки. Настройка плуга на работу включает:

проверку правильности сборки и технического состояния рабочих и вспомогательных узлов;

установку рабочих органов;

подготовку трактора и присоединение к нему плуга;

настройку на заданную глубину вспашки.

Проверка правильности сборки и технического состояния плуга должна производиться на ровной площадке, визуально, простыми измерениями в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя. К числу этих рекомендаций относятся следующие:

полевая доска и полевая поверхность стойки, т. е. поверхность, обращенная в сторону непаханого поля, должны лежать в одной вертикальной плоскости;

полевые обрезы лемеха и отвала должны также находиться в одной вертикальной плоскости и выступать за поверхность стойки на 5—8 мм;

отклонение верхней точки полевого обреза отвала от вертикальной плоскости допускается в сторону пашни не более 10 мм;

отклонение плоскости полевого обреза отвала в сторону поля не допускается;

задний конец полевой доски и носок трапециевидального лемеха должны лежать в плоскости полевой стороны корпуса;

отклонение заднего конца полевой доски в сторону борозды допускается не более 5 мм, лезвие лемеха должно быть горизонтальным;

допускается выступание бороздного конца не более 3 мм.

У долотообразных лемехов носок должен располагаться на 10 мм ниже пятки лемеха и заднего конца полевой доски; носок лемеха должен выходить в сторону поля на 5 мм.

У дискового ножа консоль должна поворачиваться на стойке на угол 20°, а диск свободно, без заеданий вращаться на оси.

Установку предплужника и ножа на раме плуга проверяют следующим образом. По высоте предплужник должен быть зафиксирован в бобышках державки так, чтобы он заглублялся в почву на 10—12 см. Для этого лезвие лемеха предплужника должно быть выше лезвия лемеха основного корпуса на 10 см при глубине вспашки 20 см, на 12 см — при 22 см, на 15 см — при 25 см и на 17 см — при 27 см.

Для свободного прохождения почвы в промежутках между предплужниками и основными корпусами расстояние от носка лемеха основного корпуса до носка лемеха предплужника по ходу плуга должно равняться 25—30 см. Полевые обрезы предплужника и основного корпуса должны лежать в одной плоскости; допускается отклонение в сторону непаханого поля до 15 мм. Дисковый нож должен быть установлен впереди предплужника так, чтобы диск был вынесен в сторону поля от полевого обреза основного

корпуса на 1—3 см, а от края предплужника — на 1 см. Центр диска устанавливается над носком лемеха предплужника; нижняя точка лезвия диска должна быть на 2—3 см ниже носка.

Подготовка тракторов к работе заключается в проверке его исправности, заправке топливом, проверке уровня масла и охлаждающей жидкости. После проверки к трактору присоединяют плуг, строго придерживаясь рекомендаций завода-изготовителя.

Настройка на заданную глубину вспашки производится у навесных плугов следующим образом. Под колесо ставят подкладки, общая высота которых должна быть a_3 — (2—3) см, где a_3 — заданная глубина вспашки; 2—3 см — глубина погружения колеса в почву. Изменяя длину верхней тяги навески трактора и раскосов, устанавливают раму плуга параллельно площадке. Для первого прохода плуга правый раскос навески трактора укорачивают так, чтобы первый корпус пахал на глубину 0,5 a_3 . На втором проходе плуга правым раскосом устраниют перекос рамы в поперечно-вертикальной плоскости.

Если трактор оборудован силовым автоматическим регулятором (трактор МТЗ-80), то при его включении опорное колесо плуга поднимают в крайнее верхнее положение или снимают. Глубина вспашки настраивается и регулируется перемещением рукоятки регулятора. В настоящее время пахотные агрегаты не оборудованы устройствами и приборами для автоматического контроля и управления качеством вспашки, поэтому качество вспашки проверяют как визуально, так и простыми измерениями. Глубину вспашки проверяют бороздомером или линейкой во время работы в открытой борозде, а также на вспаханном загоне (по диагонали загона) путем погружения в выравненный вспаханный слой деревянного или стального стержня до дна борозды. Для определения средней глубины обработки обычно рекомендуется сделать не менее 20 замеров в разных местах и вычислить среднюю глубину, которую и сравнивают с заданной.

Остальные показатели качества вспашки (оборот пласта, заделка растительных остатков, наличие огуречников, недорезов пласта и др.) проверяют во время работы осмотром вспаханного поля по диагонали.

Пример 6. Задание на курсовую работу

Тема: «Моделирование на ЭВМ рабочего процесса сошника зерновой сеялки».

Исходные данные:

1. Дисковый сошник зерновой сеялки СЗ-3,6.
2. Реализации входного воздействия $Z_n(t)$ — неровностей поверхности поля и выходной переменной $h_c(t)$ — глубины хода сошника в виде осциллограмм или массивов чисел.
3. Настроечная (заданная) глубина заделки семян $h_n = 8$ см, относительный допуск на отклонения глубины заделки семян от настроичного $\beta_h = 0,10$.

Содержание расчетно-пояснительной записи:

1. Технологический процесс зерновой рядовой сеялки и агротехнические требования.
2. Модели функционирования сеялки и сошника.
3. Алгоритмы расчета на ЭВМ статистик реализаций $Z_n(t)$ и $h_c(t)$.
4. Алгоритм построения математической модели рабочего процесса сошника.
5. Оценка качества работы сошника.

Графический материал:

1. Конструктивные схемы сеялки, сошника, а также модели функционирования сеялки.
2. Блок-схема алгоритмов идентификации.
3. Графики изменений вероятностных характеристик реализаций $Z_n(t)$ и $h_c(t)$.

Литература:

1. Лурье А. Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. — М.: Колос, 1981.
2. Лурье А. Б., Громбчевский А. А. Расчет и конструирование сельскохозяйственных машин. — Л.: Машиностроение, 1977.

Порядок выполнения работы

1. Технологический процесс зерновой рядовой сеялки и агротехнические требования. В семействе зерновых рядовых сеялок в настоящее время базовой является прицепная зернотуковая сеялка СЗ-3,6. Она предназначена для рядового посева зерновых (пшеница, рожь, ячмень, овес), зернобобовых (горох, фасоль, соя и др.) и некоторых других культур, близких по размерам семян и нормам высева к зерновым культурам. Сеялка агрегатируется с тракторами классов тяги 9 и 14 кН. При применении гидрофицированной сцепки она используется в широкозахват-

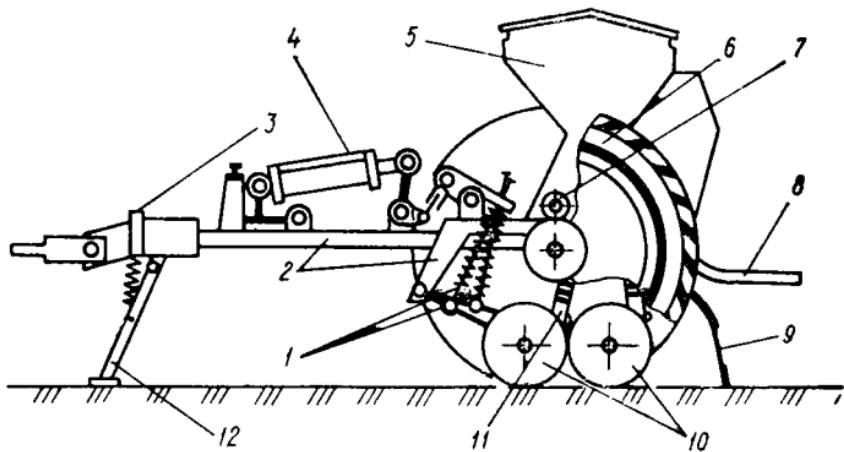


Рис. 11. Конструктивная схема сеялки СЗ-3,6

ных агрегатах с тракторами классов тяги 30 и 50 кН. На базе сеялки СЗ-3,6 создан ряд модификаций: зернотукотравяная, узкорядная и др.

Любая зерновая (рядовая) сеялка включает следующие основные узлы и рабочие органы: ящик для семян и минеральных удобрений, высевающие агрегаты, семяпроводы, сошники с заделывающими устройствами, механизмы передачи движения и управления. В сеялке СЗ-3,6 все эти узлы и механизмы смонтированы на раме 2 (рис. 11) с прицепным устройством 3. Рама 2 опирается на два пневматических колеса: третья точка опоры — серьга трактора.

В курсовой работе конструктивная схема на рис. 11 представляется в качестве чертежа (в соответствующем масштабе) с указанием основных габаритных размеров.

Ящик 5 сеялки имеет два отделения: переднее — для семян, заднее — для гранулированных минеральных удобрений. В дне переднего отделения ящика имеются отверстия, сквозь которые семена попадают в высевающие аппараты, прикрепленные ко дну ящика. На его задней стенке установлены высевающие аппараты для минеральных удобрений.

Сошники 10 расположены в два ряда на расстоянии 15 см один относительно другого по ширине машины. Спереди они поводками соединяются с сошниковым бруском. Кроме того, штангами 1 сошники 10 связаны с вилками квадратного вала подъема.

При движении сеялки с включенными в работу сошниками семена из переднего отделения ящика и удобрения из заднего подаются высевающими аппаратами в воронки семяпроводов 11. По семяпроводам семена и удобрения самотеком поступают в раstraубы сошников 10 и далее по направителям попадают на дно бороздок, открытых сошниками. Семена заделываются почвой, осыпающейся со стен бороздок. Окончательно семена и удобрения заделываются загортачами 9, установленными за сошниками.

Высевающие аппараты приводятся в действие от опорно-приводных колес системой передач 7. В транспортное и рабочее положения сошники поднимаются и опускаются гидроцилиндром 4, включенным в гидросистему трактора. Для рабочего, обслуживающего сеялку, к раме прикреплена подножная доска 8. На остановках доска 8 подпирается подставкой. На сеялках типа СЗ предусмотрена установка приспособлений для контроля вращения валов высевающих аппаратов, заглубления сошников, уровня семян в ящике и для осуществления двухсторонней связи сеяльщика с трактористом.

Общие агротехнические требования при посеве всех сельскохозяйственных культур таковы:

посев в наилучшие для каждой культуры сроки в данном районе;

равномерное распределение семян по площади поля;

заделка семян на одинаковую глубину;

соблюдение нормы высева.

Норма высева и глубина заделки обусловлены особенностями высеваемой культуры и почвенно-климатическими условиями района возделывания.

Норма высева устанавливается агротехническими требованиями для разных культур и районов в соответствии со способом посева и задается обычно в килограммах или тоннах на гектар. При равномерном распределении семян норма высева определяет среднюю площадь (площадь питания), приходящуюся на одно растение. По некоторым агротехническим данным, растения должны быть размещены так, чтобы не только площади питания были одинаковыми, но и форма их приближалась к квадрату. С агротехнической точки зрения наиболее важным является обеспе-

чение оптимальной густоты растений на единице площади.

Применительно к рядовому посеву требование равномерного размещения семян по площади поля сводится к такому же распределению их в рядах и выдержанности ширины междурядий. Дополнительные требования для рядового посева следующие:

прямолинейность рядов и отсутствие огрехов и пересевов;

ровная поверхность засеянного поля.

К сожалению, агротехническими требованиями на рядовой посев не предусмотрены допуски Δ_y на равномерность распределения семян или растений по площади поля. Только для глубины заделки семян установлены ограничения от заданной. Предусмотрены двухсторонние симметричные допуски $\Delta_y = \pm 1$ см на отклонения фактической глубины заделки от заданной (настроечной) h_n . Средний относительный уровень сохранения этого допуска должен быть не менее 0,8 (80 %). Эти требования весьма жесткие, и существующие зерновые сеялки не обеспечивают такое распределение семян по глубине.

2. Модели функционирования сеялки и сошника. Сеялки являются сложными динамическими системами со значительным числом степеней свободы. В них происходит непрерывное изменение структуры потока семян от высевающего аппарата до заделки их в почву. Вместе с тем основными внешними входными воздействиями в моделях функционирования остаются неровности поверхности поля $Z_n(t)$ и сопротивление почвы $R(t)$. В общем случае в расчетной модели должны быть учтены составляющие, характеризующие эффективность функционирования сеялки (расход семян, равномерность распределения семян по глубине и площади поля) и тяговое сопротивление $P(t)$. Необходимо учесть изменение количества семян $Q(t)$ в семенном ящике и скорость движения агрегата v_0 , а также настройку H_0 сеялки на заданные условия (норма высева, глубина заделки семян). Однако в зависимости от задач расчета могут быть рассмотрены и упрощенные модели.

Для моделирования технологического процесса сеялки должна быть рассмотрена схема с учетом изменения состояния потока семян от высевающего ап-

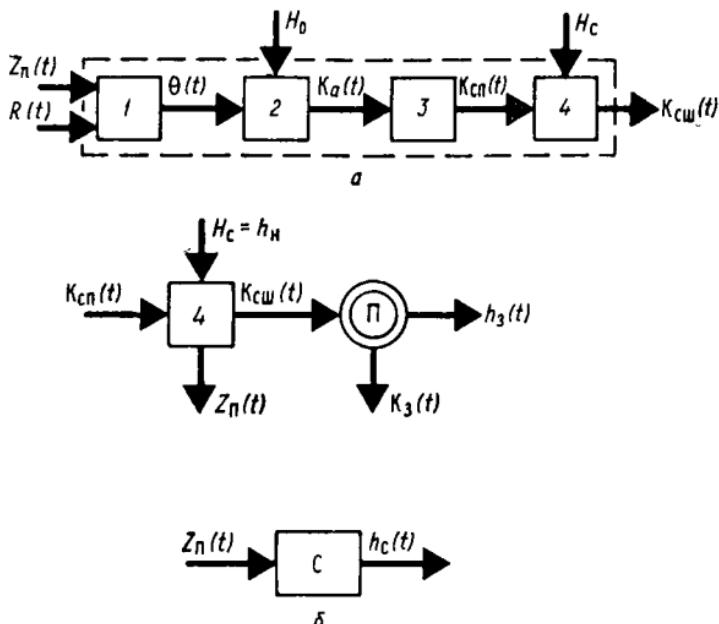


Рис. 12. Модели функционирования сеялки (а) и сошника (б)

парата до момента заделки семян в почву (рис. 12, а). В этой схеме машина может быть разбита на следующие элементы: 1 — рама с колесами и семенным ящиком; 2 — высевающие аппараты; 3 — семяпроводы; 4 — сошники. Совокупность этих четырех элементов образует высевающую систему. На эту систему воздействует профиль поверхности поля $Z_n(t)$ и сопротивление почвы $R(t)$. В результате возникают сложные колебания $\Theta(t)$ элемента 1. При настройке аппаратов 2 на определенную норму высева на выходе получаем поток семян $K_a(t)$ со случайными параметрами. Семяпроводами 3 этот поток преобразуется в поток $K_{cн}(t)$ с другими параметрами. Сошник 4, установленный на определенную глубину хода H_c , преобразует поток $K_{cн}(t)$ в выходной поток $K_{cш}(t)$, поступающий в бороздки. Все эти потоки являются случайными и могут быть оценены изменениями массы семян в единицу времени, г/с, и соответствующими статистиками. Взаимодействие сошника 4 с почвой Π (рис. 12, б) приводит к случайному распределению семян по глубине заделки $h_3(t)$ и вдоль ряда $K_3(t)$.

Если профиль поверхности поля оценить реализациями $Z_n(t)$ (при отсчете по вертикали от любой ли-

нии отсчета), а расстояния от этой линии до отдельных семян — значениями $Z_c(t)$, то $h_c(t) = Z_c(t) - Z_n(t)$. В общем случае для моделирования технологических процессов сеялки и сошника по указанным схемам необходима достаточная информация о всех входных переменных. Для некоторых переменных [$h_c(t)$, $K_c(t)$ и др.] такую информацию получить трудно, а порой и невозможно. Но можно ограничиться более упрощенными одномерными моделями с входным воздействием профиля поверхности поля (ряда) $Z_n(t)$ и глубиной хода $h_c(t)$ сошника (рис. 12, б). Установлено, что переменная $h_c(t)$ тесно коррелирована с глубиной заделки семян $h_n(t)$.

3. Алгоритм расчета на ЭВМ статистики реализации на входе и выходе модели (рис. 12, б). С реализацией $Z_n(t)$ и $h_c(t)$ снимают массивы ординат по $N=100-150$ с выбранным шагом Δt . После ввода в ЭВМ вычисляют статистики этих реализаций по алгоритму, блок-схема которого представлена на рис. 8.

Для решения задачи построения математической модели на ЭВМ необходимы взаимные вероятностные характеристики реализаций $h_c(t)$ и $Z_n(t)$. Такими характеристиками являются взаимные корреляционные функции $R_{hz}(\tau)$ и спектральные плотности $S_{hz}(\omega)$. Взаимные корреляционные функции $R_{hz}(\tau)$ вычисляются по соотношению

$$R_{hz}(\tau) = R_{hz}(m\Delta t) = \frac{1}{N-m} \sum_{k=1}^{N-m} Z_k h_{k+m},$$

где Z_k — текущая центрированная ордината реализации $Z_n(t)$ в момент времени t_k ; h_{k+m} — центрированная ордината выходной реализации $h_c(t)$ в момент времени $t_k + \tau$; $m = 0, 1, 2, \dots, n$ — число, определяющее величину сдвига τ , причем $\Delta\tau = \Delta t$.

Нормированная взаимная корреляционная функция будет

$$\rho_{hz}(\tau) = \frac{R_{hz}(m\Delta t)}{\sigma_z \sigma_h},$$

где σ_z и σ_h — средние квадратические отклонения реализаций $Z_n(t)$ и $h(t)$.

Блок-схема алгоритма показана на рис. 13. По схемам на рис. 8 и рис. 13 составляют программы для конкретной ЭВМ, реализующие алгоритм вычисления статистик реализаций $Z_n(t)$ и $h(t)$. Распечатки, по-

лученные от ЭВМ, прилагаются к пояснительной записке. По данным распечаток строят (в выбранном масштабе) кривые корреляционных функций, которые вместе с блок-схемами и программами прилагаются к графическому материалу.

Что касается взаимных спектральных плотностей $S_{hz}(\omega)$ реализаций $Z_n(t)$ и $h(t)$, то они используются при идентификации моделей в частотной области [см. соотношения (22) и (23)].

При моделировании на ЭВМ технологических процессов сельскохозяйственных машин следует устанавливать оператор из класса линейных операторов и в первую очередь в виде линейных уравнений регрессии.

Исследованиями установлено [2], [3], что оценки нормированных корреляционных функций $\rho_z(\tau)$ и $\rho_h(\tau)$ неровностей поверхности поля и глубины хода сошников могут быть аппроксимированы аналитическим выражением

$$\rho(\tau) = e^{-\alpha\tau} \cos \beta\tau,$$

где коэффициенты α и β обусловлены внутренней структурой процессов и скоростью движения посевного агрегата. Однако в курсовой работе лучше всего использовать реальные записи реализаций в виде осциллограмм.

4. Алгоритм построения математической модели рабочего процесса сошника. Установлено [7], что оптимальным по критерию среднего квадрата ошибки является линейный оператор в виде регрессионной модели $m_h|_z = a + bz_i$, причем коэффициенты a и b определяются следующими соотношениями:

$$a = m_h - bm_z; \quad b = \rho_{hz} \sigma_h / \sigma_z,$$

где m_z и m_h — оценки средних значений реализаций $z_n(t)$ и $h_c(t)$; σ_z и σ_h — средние квадратические отклонения; ρ_{hz} — наибольший коэффициент корреляции между реализациями (устанавливается по взаимной корреляционной функции $\rho_{hz}(\tau)$).

Вычисление коэффициентов можно выполнить на ЭВМ, но так как в распечатке, полученной от ЭВМ, имеются численные значения вероятностных характеристик реализаций $Z_n(t)$ и $h_c(t)$, то эти коэффициенты можно легко вычислить обычным способом, тем более, что для профиля поля $Z_n(t)$ расчет ведут при

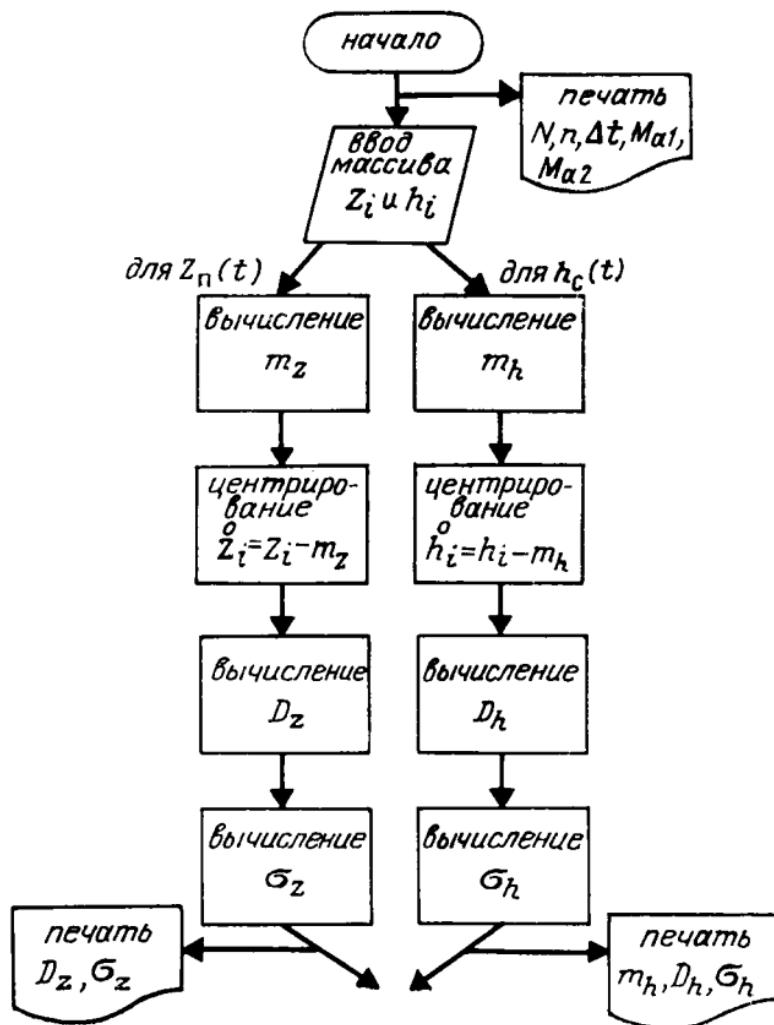


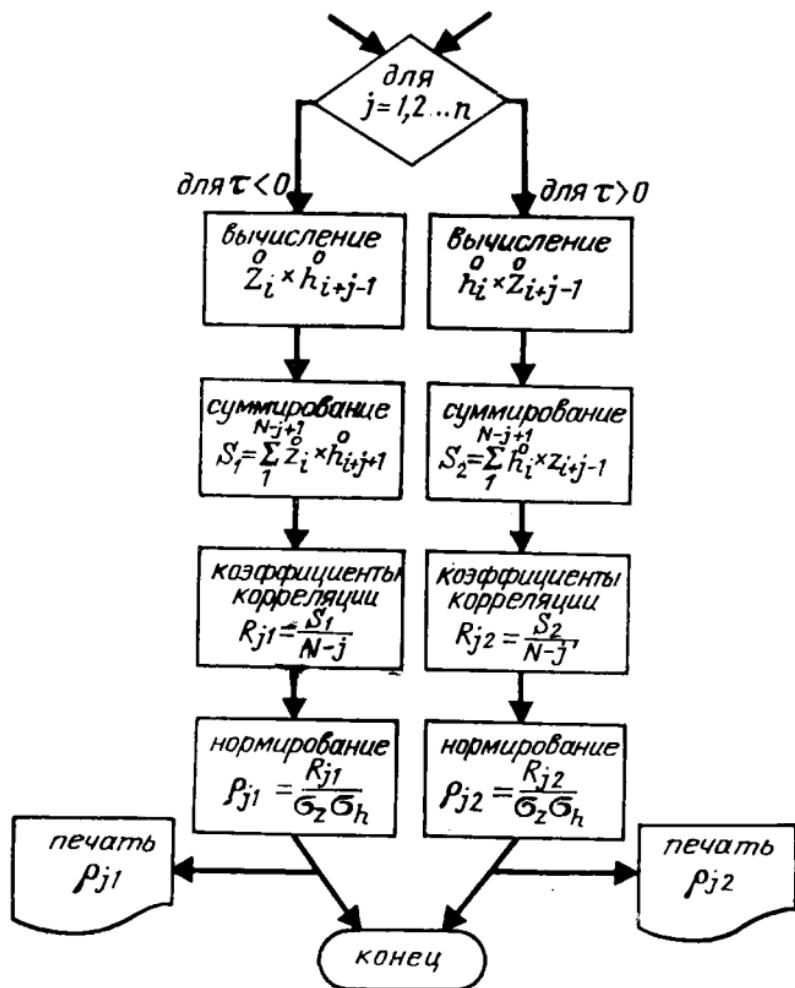
Рис. 13. Блок-схема алгоритма вычисления нормированной взаимной корреляционной функции $\rho_{hz}(\tau)$

$m_z = 0$, поэтому $a = m_h$. Необходимо вычислить и дисперсионную степень идентичности принятой модели [см. соотношение (30)]:

$$\xi_D = D_{\text{пр}}/D_y = \rho_{hz}^2.$$

Можно по полученным статистикам, в частности по корреляционным функциям $R_{hz}(\tau)$ и $R_z(\tau)$, вычислить и другие линейные операторы в виде, например, импульсной характеристики $H(t)$.

Оценку импульсной характеристики рассчитывают по уравнению Винера — Хопфа



$$R_{hz}(\tau) = \int_0^T H(t) R_z(t - \tau) dt.$$

Если в этом уравнении интервал интегрирования T разбить на m интервалов

$$\Delta t = T / (m - 1),$$

то приближенно можно принять

$$R_{hz}(\tau) \approx \sum_0^{m-1} H(i\Delta t) R_z(i\Delta t - \tau) \Delta t.$$

Полагая $i = 0, 1, 2, \dots, (m - 1)$, получим $(m - 1)$ уравнений для определения значений импульсной характеристики $H(i\Delta t)$.

По значениям импульсной характеристики аппроксимируют экспериментальную кривую $H_a(t)$ подходящим аналитическим выражением.

По импульсной характеристике преобразованием Лапласа определяют передаточную функцию $W(s) = L[H(t)]$.

Установлено [2], что в качестве наиболее подходящего выражения для аппроксимации импульсной характеристики технологических процессов сельскохозяйственных машин и их рабочих органов можно принять $H(t) = e^{-ct} \sin \omega t$.

Наиболее подходящие значения коэффициентов c и ω вычисляют по специальному алгоритму и программе по методу наименьших квадратов.

После преобразования по Лапласу получим передаточную функцию

$$W(s) = K / (T_2^2 S^2 + T_1 S + 1).$$

Коэффициенты T_1 , T_2 и K вычисляются по следующим выражениям:

$$T_1 = 2c / (c^2 + \omega^2);$$

$$T_2^2 = 1 / (c^2 + \omega^2);$$

$$K = c^2 / (c^2 + \omega^2).$$

В зависимости от наличия ЭВМ или машинного времени можно задание упростить и ограничиться лишь построением уравнения регрессии и вычислением взаимной корреляционной функции. Блок-схема алгоритма расчета нормированной взаимной корреляционной функции показана на рис. 13. Обозначения на схеме те же, что и в тексте. Кроме того, выводятся на печать число ординат N , число коэффициентов корреляции n , шаг дискретизации Δt и масштабы M_{a_1} и M_{a_2} реализации $Z_p(t)$ и $h_c(t)$.

В качестве примера на рис. 14 представлен возможный вид нормированной взаимной корреляционной функции $\rho_{hz}(\tau)$. Из характера протекания кривой видно, что наибольшее значение имеет коэффициент корреляции при $\tau \approx 0$: он равен $\rho_{hz}^{\max} \approx 0,8$. Но даже при такой тесной корреляции степень идентичности линейной модели регрессии будет $\xi_D = \rho^2_{hz} = 0,64$.

5. Оценка качества работы сошника. В соответствии с исходными данными качество рабочего процесса сошника оценивается равномерностью глубины

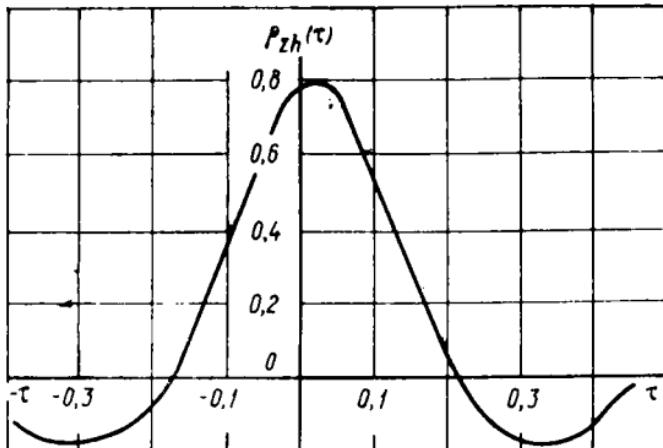


Рис. 14. Примерный вид нормированной взаимной корреляционной функции $\rho_{zh}(\tau)$

хода $h_c(t)$ сошника. Предполагается, что изменение глубины хода сошника с достаточной для практических оценок точностью характеризуют изменения глубины заделки семян. При заданной настройке $h_n = 8$ см допускается относительное двухстороннее отклонение $\beta_h = 0,1$. Это значит, что глубина хода сошника должна располагаться в диапазоне от 7,2 до 8,8 см. Выбросы за эти пределы нежелательны. Однако в реальных условиях работы такие выбросы будут иметь место.

В качестве оценки качества работы сошника по показателю — равномерности глубины его хода — можно использовать среднюю относительную длительность P_Δ (или P_β) сохранения заданного абсолютного допуска Δ_h (или относительного допуска β_h).

Поскольку в ОЗУ ЭВМ уже введен массив N ординат реализации $h_c(t)$ глубины хода сошника, то можно на ЭВМ вычислить и следующие обобщенные оценки качества работы сошника:

$$\text{или } P_\Delta^+ = n_p^+ / N; \quad P_\Delta^- = n_p^- / N$$

$$\varepsilon_\Delta^+ = n_e^+ / N; \quad \varepsilon_\Delta^- = n_e^- / N,$$

где n_p^+ и n_p^- — количество случаев (за время T и при интервале Δt) нахождения ординат реализации $h_c(t)$ в поле допуска выше и ниже настроичного значения h_n ; n_e^+ и n_e^- — количество выбросов в реализации $h_c(t)$ выше и ниже значения $h_n \pm \Delta_h$.

Общая средняя относительная длительность сохранения допуска будет

$$P_{\Delta} = P_{\Delta}^+ + P_{\Delta}^-;$$

Блок-схема алгоритма расчета приведена на рис. 15.

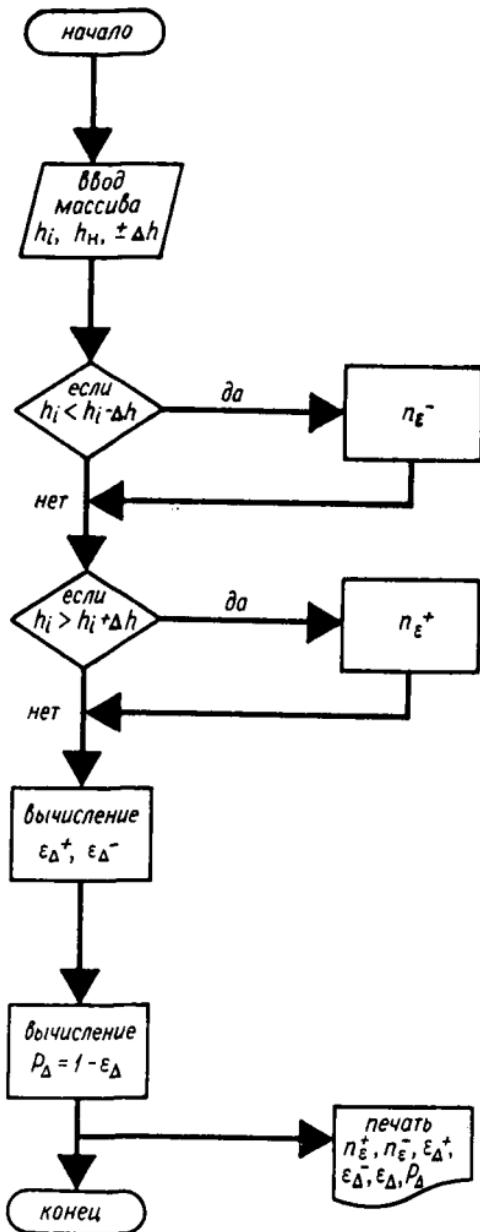


Рис. 15. Блок-схема алгоритма расчета P_{Δ}

Пример 7. Задание на курсовую работу

Тема: «Разработка схемы технологического процесса зерноочистительной машины и определение параметров и режима работы решетной ее части».

Исходные данные:

1. Схема технологического процесса (рис. 16).
2. Очистка зерновых культур (пшеница, рожь, ячмень, овес).
3. Примеси (vasilek — 1,5 %, кострец — 1,5 %, подмареник — 1 %).
4. Производительность 10 т/ч продовольственного зерна.

Содержание расчетно-пояснительной записи:

1. Обоснование схемы технологического процесса очистки зерна и основных рабочих органов машин.
2. Алгоритм расчета размерных характеристик семян основных культур и примесей.
3. Расчет набора решет и оценка качества очистки.
4. Расчет размеров решет и обоснование кинематического режима их работы.
5. Настройка на работу и основные регулировки зерноочистительной машины.

Графический материал:

1. Схема технологического процесса очистки зерна.
2. Блок-схема алгоритма расчета размерных характеристик и кривые плотности распределения размеров основного зерна и сорняков.

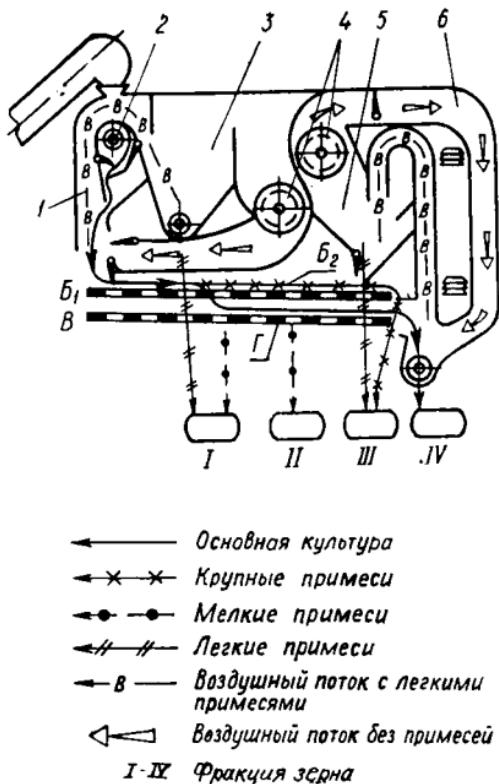
Литература:

1. Кленин Н. И., Сакун В. А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. — 2-е изд. — М.: Колос, 1980.
2. Лурье А. Б., Громбчевский А. А. Расчет и конструирование сельскохозяйственных машин. — Л.: Машиностроение, 1977.

Порядок выполнения работы

1. Обоснование схемы технологического процесса очистки зерна и основных рабочих органов машин. Разработку технологического процесса зерноочистительной машины общего назначения (для очистки и сортирования семян зерновых, зернобобовых и технических культур) для работы в агрегатах и комплексах ведут с учетом того, что в общем случае обработка зернового материала производится воздушным потоком, комплексом решет и триером. Поэтому основными технологическими узлами любой зерноочистительной машины являются воздушная система,

Рис. 16. Схема технологического процесса работы зерноочистительной машины



блок решет (решетный сепаратор) и триер. Для агрегатов и комплексов наблюдается тенденция конструирования воздушно-решетных машин и отдельных блоков триеров с использованием последних для обработки главным образом семенного материала.

Поскольку в задании предусмотрена только обработка продовольственного материала, то

в технологической схеме предусматривают обработку без триера (рис. 16). Процесс обработки зернового материала для продовольственных целей по схеме на рис. 16 протекает следующим образом.

Исходный зерновой материал подается в приемную камеру, шнек которой распределяет материал по ширине машины. Перед поступлением на решета материал подвергается первой обработке воздушным потоком. От него отделяются легковесные примеси, которые оседают в осадочной камере. В результате обработки на решетах получают чистое зерно (фракция IV). Предварительно материал подвергается вторичной обработке воздушным потоком. Из осадочной камеры второго аспирационного канала отходы образуют фракцию III. Сюда же поступают крупные примеси с решетного стана. Легковесные примеси из осадочной камеры первого аспирационного канала совместно с мелкими примесями с решетного стана формируют фракцию I. Мелкие и щуплые зерна (фураж) образуют фракцию II.

Обработка воздушным потоком может быть однократной (до поступления материала на решетный сепаратор) и двукратной (до и после решетного сепаратора). В схеме на рис. 16 показана двукратная обработка с двумя вентиляторами. Чаще всего двукратная обработка осуществляется одним вентилятором с двумя каналами. Решетные сепараторы унифицированы и состоят из четырех решет: разгрузочного B_1 (рис. 16), разделяющего поток материала на две части; сортировального B_2 для отделения крупных примесей; подсевного B для отделения мелких примесей; сортировального Γ для отделения мелких и щуплых зерен (фуражи).

Могут оказаться эффективными и другие схемы обработки, в частности с использованием триеров. Блоки триеров состоят обычно из двух цилиндров, причем вначале выделяются длинные примеси (овсяненный цилиндр), а затем короткие (кукольный цилиндр). При необходимости можно предусмотреть возможность параллельной работы цилиндров, а также их отключение от общей технологической линии.

2. Алгоритмы расчета размерных характеристик семян основных культур и примесей. Размерные характеристики компонентов зерновой смеси лежат в основе выбора формы и размеров отверстий решет и ячеек триера. При расчетах принимают, как правило, что все три размера семени — длина a (наибольший размер), толщина c (наименьший размер) и ширина b — являются случайными величинами с нормальным распределением, так что для любого размера l (a, b или c) плотность распределения вероятностей размера будет

$$f(l) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(l-m)^2}{2\sigma^2}},$$

где m и σ — среднее значение размера и среднее квадратическое его отклонение.

При известных m и σ для построения кривых $f(l)$ пользуются значениями функции Лапласа $\Phi(Z)$, так как при нормальном распределении вероятность попадания какого-либо размера семян в интервал от l_1 до l_2 определяется соотношением

$$P(l_1 < l < l_2) = \Phi(Z_2) - \Phi(Z_1),$$

где

$$z_1 = (l_1 - m)/\sigma, z_2 = (l_2 - m)/\sigma.$$

Для любого значения нормированной переменной $Z f(l) = \Phi(Z)/\sigma$.

В справочной литературе чаще всего приводятся данные по наибольшим l_{\max} и наименьшим l_{\min} размерам семян различных культур (табл. 3). При нормальном распределении значения m и σ определяют из условия, что пределы колебания любого размера равны 6σ , т. е.

$$l_{\frac{\max}{\min}} = m \pm 3\sigma.$$

При выполнении настоящей курсовой работы должны быть построены теоретические кривые $f(l)$ для основной культуры и всех сорняков для всех размеров $l=a, b$ и c . При наличии на кафедре вычислительной техники весь расчет и построение кривых ведут по единой блок-схеме и программе. Алгоритм расчета и построение следующие:

1. По значениям m и σ для каждого размера семян задаются числом классов K и классовым интервалом λ . Классовый интервал выбирают в зависимости от разности наибольшего l_{\max} и наименьшего l_{\min} значений данного размера семян (a, b, c). Для зерновых культур можно принять $\lambda=0,2; 0,25; 0,3; 0,4$ мм. Для мелких семян значение λ может быть меньше.

Число классов K подбирают с таким расчетом, чтобы при выбранном классовом интервале λ значения l_{\max} и l_{\min} поместились в крайних классах; достаточное число классов 7—9.

2. Пользуясь таблицей функции Лапласа, вычисляют значения плотности распределения $f(l_i)$ для каждого класса ($i=1, 2, \dots, K$). Так как кривая $f(l)$ симметрична относительно среднего значения m , то достаточно вычислить значения $f(l_i)$ для $i=1, 2, \dots, 0,5 (K-1)$.

3. Строят кривые $f(l)$ для заданных компонентов зерновой смеси и всех размеров $l=a, b, c$. Кривые $f(a), f(b), f(c)$ группируют по размерам семян основной культуры и примесей.

3. Расчет набора решет и оценка качества сепарации заданной зерновой смеси. В общем случае зерновая смесь, подлежащая сепарации, состоит из основной культуры (ОК), крупных (КП) и мелких

3. Характеристики свойств семян культурных растений и сорняков [8]

Культура	Размер семян, мм			Критическая скорость, м/с	Масса 1000 зерен, г	Объемная масса, кг/л
	Длина	Ширина	Толщина			
<i>Зерновые и зернобобовые культуры</i>						
Пшеница	4,2—8,6	1,6—4,0	1,5—3,8	8,9—11,5	22—42	0,65—0,81
Рожь	5,0—10,0	1,4—3,6	1,2—3,5	8,4—10,5	13—32	0,66—0,79
Ячмень	7,0—14,6	2,0—5,0	1,4—4,5	8,4—10,8	35—51	0,43—0,75
Овес	8,0—18,6	1,4—4,0	1,2—3,6	7,0—9,0	20—42	0,39—0,5
Рис	5,0—12,0	2,5—4,3	1,2—2,8	9,5—10,1	24—31	0,44—0,8
Кукуруза	5,5—13,5	5,0—11,5	2,5—8,0	9,8—17,0	286	0,6—0,82
Гречиха	4,4—8,0	3,0—5,2	2,0—4,2	2,5—9,5	23,5	0,51—0,7
Просо	1,8—3,2	1,2—3,0	1,0—2,2	2,5—9,5	6—6,5	0,66—0,85
Горох	4,0—8,8	3,7—8,0	9,5—8,0	7,0—16,0	155	0,75—0,80
Чечевица	4,0—8,8	4,0—8,0	2,0—3,3	4,0—13,0	48	0,70—0,85
Вика	3,2—7,5	3,2—6,3	2,0—5,5	4,0—16,0	44	0,76—0,88
Соя	5,0—10,5	4,5—8,0	4,0—7,0	9,0—20,2	30—520	0,72
<i>Сорняки</i>						
Куколь	2,8—4,4	2,0—3,8	1,6—3,0	6,9—9,8	7—10	0,79
Овсянник обыкновенный	15,0—25,0	1,4—3,2	1,2—3,0	5,5—8,3	17—22	—
Кострец ржаной	6,0—8,4	1,4—2,4	1,2—2,0	—	5	0,23
Вьюнок полевой	3,0—4,1	1,4—3,4	1,1—2,8	4,5—10,0	10,5	0,74
Пырей ползучий	6,8—12,0	1,4—3,5	0,8—2,0	2,0—6,0	—	0,29
Ромашка непахучая	1,2—2,5	0,8—1,4	0,5—1,0	0,5—4,5	—	0,29
Сурепка	1,1—2,0	0,6—1,1	0,7—1,5	4,5—8,0	—	0,34
Повилика клеверная	0,8—1,2	0,5—1,1	0,4—0,9	2,5—6,5	0,3	0,67
Подмаренник цепкий	1,3—2,3	0,6—1,8	0,6—1,2	2,5—6,5	—	0,58

примесей (МП). По построенным кривым $f(l)$ ($l = a, b, c$) распределения любого размера компонентов смеси подбирают рабочие размеры отверстий решет (ячеек триера), чтобы получить требуемую чистоту семян основной культуры с учетом допустимых потерь основной культуры с отходами.

По кривым $f(l)$ для компонентов зерновой смеси устанавливают возможность разделения зерновой смеси и рабочие размеры (рис. 17) l'_p и l''_p отверстий решет (ячеек триера), причем $l_{OK\ min}$ и $l_{OK\ max}$ — наименьший и наибольший размеры семян основной культуры; $l_{MP\ min}$ и $l_{MP\ max}$ — наименьший и наибольший размеры мелких примесей (мелких семян сорняков); $l_{KP\ min}$ и $l_{KP\ max}$ — наименьший и наибольший размеры частиц крупной примеси.

Расчет ведут при допущении, что разделение осуществляется по вертикали, т. е. что все частицы с размерами $l < l_p$ будут в проходе, а все частицы с $l > l_p$ — в сходе. Рабочие размеры l'_p и l''_p отверстий решет (ячеек триера) подбирают обычно так, чтобы (рис. 17)

$$l_{KP\ min} \leq l'_p \leq l_{OK\ max}$$

и

$$l_{OK\ min} \leq l''_p \leq l_{MP\ max}.$$

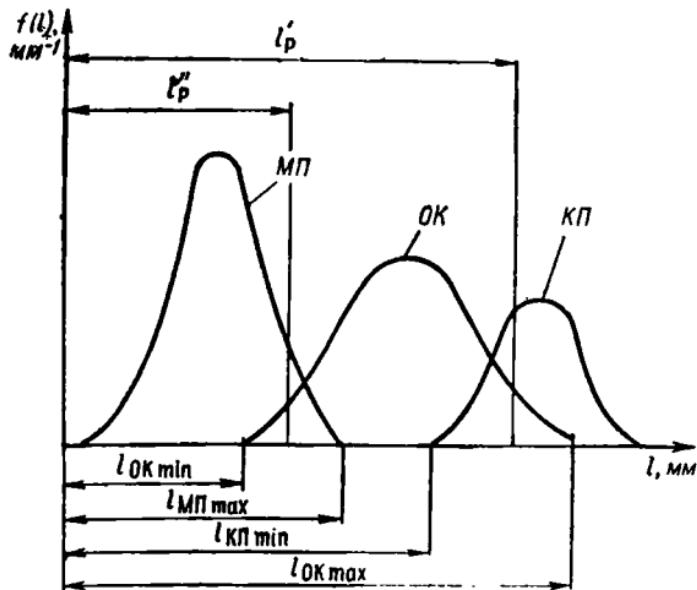


Рис. 17. Выбор размеров отверстий решет (ячеек триера)

Наиболее производительными являются решета с продолговатыми отверстиями. Поэтому при подборе решет для разделения заданной зерновой смеси сначала проверяют возможность отделения сорняков по толщине, затем по ширине и далее по длине.

В силу вероятностного характера многочисленных факторов, влияющих на полноту разделения зерновой смеси, процесс сепарации на решетах (триерах) протекает не по вертикали, а по вероятностным закономерностям, которые могут быть установлены лишь опытным путем. Распределение зерновых смесей на различных решетах (сортировальных, подсевных и др.) осуществляется с неодинаковой полнотой из-за различного содержания проходовой и сходовой фракций в материале, поступающем на эти решеты. Поэтому, при прочих равных условиях рабочие размеры отверстий должны быть: у решет, отделяющих крупные примеси, $l_p = m + 3\sigma$; сортировальных $l_p \approx \approx m - \sigma$; подсевных $m - 2\sigma < l_p < m - 1,5\sigma$, причем m — среднее значение размера семян; σ — среднее квадратическое отклонение. При этом размеры отверстий решет и ячеек триеров должны соответствовать действующим стандартам.

Качество сепарации заданной зерновой смеси по выбранной технологической схеме оценивается теоретически при предпосылке, что на каждом решете разделение осуществляется по вертикали. Основными показателями качества сепарации являются чистота Ч основной культуры (конечный продукт) и потери П ее с отходами.

По заданию исходный материал содержит основную культуру и три засорителя. Обозначим: A — содержание (в %) основной культуры в смеси; B_i ($i = 1, 2, 3$) — содержание (в %) засорителей, причем $A + \sum_{i=1}^3 B_i$ принимаем за 100 %.

В результате обработки на решетах в конечном продукте окажется семян основной культуры (в %) a и отходов a_0 , а семян сорняков (в %) — b_i и b_{0i} ($i = 1, 2, 3$). Чистота основной культуры после обработки на решетах будет

$$\chi = \frac{a}{Aa + \sum_{i=1}^3 B_i b_i},$$

а потери семян основной культуры с отходами —

$$II = Aa_1 / (Aa_1 + \sum_1^3 B_i b_{0i}).$$

Значения a , a_1 , b_i и b_{0i} вычисляются по выбранным размерам отверстий l_p решет с помощью функции Лапласа $\Phi(Z)$. Все эти расчеты могут быть выполнены на ЭВМ.

4. Расчет размеров решет и обоснование кинематического режима их работы. Размеры решет B_p и L_p устанавливаются по допустимой нагрузке $q_{\text{доп}}$ на 1 м^2 площади решета F_p , т. е.

$$F_p = q_{z,p} / q_{\text{доп}};$$

где $q_{z,p}$ — расчетная подача зерна на решета, кг/с.

При обработке пшеницы на семена со средней влажностью 15 % для решет предварительной очистки значения $q_{\text{доп}}$ принимают равными 1,6—2,0 кг/с, для решет вторичной очистки и сортирования — 0,5—0,6 кг/с. При обработке продовольственного и фуражного зерна значения могут быть увеличены в 1,5—2,0 раза. В случае обработки на решетном сепараторе семян других культур можно пользоваться соотношением

$$q'_{\text{доп}} = K_e q_{\text{доп}},$$

где K_e — коэффициент эквивалентности.

При расчетах можно принимать следующие значения K_e : 0,75 — для ржи; 0,66—0,8 — для ячменя, гороха, кукурузы; 0,5—0,6 — для овса и риса; 0,15—0,2 — для льна, клевера и люцерны.

Существенное влияние на качество сепарации зерновых смесей имеет режим колебания плоских решет, который оценивают показателем кинематического режима: $K_p = \omega^2 r / g$,

где ω — частота колебаний, с^{-1} ; r — радиус кривошипа или эксцентрикитет; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Несмотря на большое количество работ по изучению процессов сепарации зерновых смесей на колеблющихся необдуваемых решетах, до настоящего времени не удалось установить аналитические зависимости для выбора кинематического режима работы решет, в частности показателя K_p , обеспечивающего разделение зерновой смеси с заданной полнотой. По-

этому режимы работы современных решетных сепараторов установлены в результате опытно-конструкторских изысканий. Так, в зерноочистительных машинах и агрегатах частота колебаний решет $\omega \approx 36 - 50 \text{ c}^{-1}$. Если учесть, что амплитуда колебаний $r \approx \approx 7 - 10 \text{ mm}$, то диапазон изменения максимального ускорения решет составляет $9 - 25 \text{ m/s}^2$, а показатель кинематического режима $K_p = 0,92 - 2,54$.

После выбора значения K_p следует вычислить предельные частоты колебаний n_v и n_h , кол./мин.:

$$n_v = \frac{30}{\pi} \sqrt{(g/r) K_v}; \quad n_h = \frac{30}{\pi} \sqrt{(g/r) K_h}.$$

Границные показатели K_v и K_h обусловлены при горизонтальных колебаниях только значениями угла наклона α решет и углом трения φ , причем

$$K_v = \operatorname{tg}(\alpha + \varphi); \quad K_h = \operatorname{tg}(\varphi - \alpha).$$

В зависимости от значений K_v и K_h возможен различный характер относительного движения материальной точки (изолированного единичного зерна) по решету без отрыва. При $K \leq K_h$ имеет место относительный покой, при $K_h < K \leq K_v$ сдвиги только вниз, а при $K > K_v$ — сдвиги вверх и вниз. Во всех этих случаях $K_v > K_h$.

5. Настройка на работу и основные регулировки зерноочистительной машины. Проверяют правильность сборки и техническое состояние машины. Особое внимание обращают на состояние и крепление всех деталей и соединений, натяжение цепей и ремней передач, свободное вращение приводных валов, исправность электрооборудования и надежность заземления.

Подбор решет и настройку решетного аппарата осуществляют для каждой партии зернового материала с учетом его состояния, вида и назначения, а также в соответствии с принятой схемой обработки и заданной производительности. Правильность подбора решет уточняют на лабораторных решетах.

Настраивают механизм очистки решет. В большинстве воздушно-решетных машин решета очищаются от застрявших зерен и примесей щеточными устройствами. Положение щеток регулируют так, чтобы они плотно и равномерно были прижаты к по-

верхности решет. Щетина щеток должна выступать над поверхностью решета не более чем на 1—2 мм.

Основными регулировками в воздушно-решетных машинах являются подача зерна и скорость воздуха. Подача зерна должна быть такой, чтобы при высоком качестве очистки обеспечивались оптимальная загрузка решет и производительность. Скорость воздушного потока в каналах должна быть такой, чтобы из массы зерна полностью выделялись легкие примеси. Если в очищенном зерне они все-таки остаются, то увеличивают скорость воздушного потока, и наоборот, если с примесями уносится полновесное зерно, то скорость потока уменьшают. В каналах любой воздушной системы скорость воздушного потока регулируют изменением сечения канала с помощью заслонок.

У триеров регулируют частоту вращения цилиндров, подачу материала и положение рабочей кромки лотка. Частоту вращения цилиндров (от 30 до 45 об/мин) регулируют изменением передаточного отношения от вала электродвигателя к цилиндру триера. Для обработки семян зерновых культур частота вращения цилиндров 40—45 об/мин, а для обработки семян риса и мелкосеменных культур — 30—40 об/мин. Подачу материала регулируют заслонками питающих устройств.

Положение рабочей кромки лотка регулируют поворотом самого лотка.

2. ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

2.1. СТРУКТУРА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА И ЕГО ОБЪЕМ

Разработка и защита дипломного проекта являются заключительным этапом обучения студента в вузе. Содержание проекта, стиль изложения и качество расчетных и графических материалов в значительной мере определяют уровень подготовки студента к самостоятельной творческой деятельности, его компьютерную грамотность, способность к обобщению, систематизации, углубленной проработке конкретных технических задач и подготовленность

его к практической деятельности в качестве инженера-механика сельскохозяйственного производства.

Главным требованием к содержанию дипломного проекта является отражение современного состояния научно-технического процесса в сельскохозяйственном производстве, прогрессивной агротехники и интенсивной технологии производства сельскохозяйственных культур и достижений науки и техники в области механизации и автоматизации работ в растениеводстве.

Структура дипломного проекта на кафедре сельскохозяйственных машин имеет некоторые особенности. Главной ее особенностью является то, что в проекте объем вопросов, связанных с разработкой конструкций, обычно превышает объем вопросов по организации и эксплуатации. Дипломный проект должен представлять собой самостоятельное и законченное (в той или иной степени) решение конкретного вопроса, включающего главным образом конструкторскую разработку машины, рабочего органа, механизма, прибора или какого-либо устройства контроля и управления качеством технологического процесса сельскохозяйственной машины. Практика проектирования в научно-исследовательских и проектно-конструкторских организациях показывает, что на разработку сельскохозяйственной машины или сложного приспособления к ней приходится затрачивать много времени (в течение ряда месяцев).

Из этого нельзя делать вывод о том, что при дипломном проектировании не следует разрабатывать конструкции целых машин (почвообрабатывающей, посевной и др.).

В связи с ограниченным временем дипломного проектирования речь может идти об эскизном решении вопроса. Проект в целом должен представлять собой первый предварительный этап проектирования сложной машины или установки и включать все необходимые обоснования технологической и конструктивной схем, характеристики условий функционирования машины (установки), расчетные материалы, соответствующие чертежи и т. п.

В современных условиях хозрасчета и самофинансирования хозяйства заинтересованы в получении законченного проекта машины (установки). В этих

случаях можно привлечь к выполнению сложного проекта группу студентов с обеспечением квалифицированного руководства. Но каждый студент в группе должен получить конкретное законченное задание.

Руководителем такого проекта (для группы студентов) может быть один или несколько преподавателей. При выполнении таких сложных проектов может возникнуть вопрос о необходимости их финансирования (для проведения научных изысканий, оплаты машинного времени ЭВМ и др.). Финансирование может осуществляться на основе хозяйственных договоров, заключаемых между кафедрой и заказчиком.

Вместе с тем опыт дипломного проектирования по дисциплине «Сельскохозяйственные и мелиоративные машины» показывает, что наиболее распространеными являются проекты с конструктивной разработкой отдельных узлов машин, механизмов, приспособлений к существующим машинам. Для таких проектов можно получить конкретные законченные решения и использовать их для непосредственного внедрения в производство. Желательно, чтобы и такие проекты были бы частями (этапами) тех разработок (научных, технологических, конструкторских), которые выполняются на кафедре по хозяйственным договорам.

Объем дипломного проекта обусловлен соответствующим индивидуальным заданием. Проект оформляется в виде расчетно-пояснительной записки на стандартных листах писчей бумаги и графического материала (чертежей, схем, плакатов и др.) при публичной защите проекта перед государственной экзаменационной комиссией (ГЭК). Общее число стандартных листов (формата А1) графического материала для дипломных проектов, выполняемых на кафедрах сельскохозяйственных машин, колеблется в пределах 10—12 и более. В это число листов входит обычно 60—70 % чертежей, выполненных с учетом требований ЕСКД, и 40—30 % иллюстративного материала в виде расчетных схем, блок-схем алгоритмов расчета и др.

Ниже в качестве примера приводятся темы, которые могут быть предложены для дипломного проектирования.

2.2. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ

1. Проект плуга (навесного, полунаавесного) с пневмогидравлическим предохранителем для работы на почвах, засоренных камнями.
2. Проект почвообрабатывающей машины в системе почвозащитной технологии обработки почвы (плоскореза, глубокорыхлителя).
3. Проект рядовой зерновой сеялки с конструктивной разработкой устройства для оперативного контроля качества технологического процесса.
4. Проект комбинированного почвообрабатывающе-посевного агрегата для работы в условиях Нечерноземной зоны РСФСР.
5. Проект картофелепосадочной машины с конструктивной разработкой устройства для оперативного контроля качества посадки.
6. Проект разбрасывателя удобрений (минеральных, органических).
7. Проект механизации работ по защите растений от вредителей и болезней сельскохозяйственных культур (в заданном хозяйстве) с конструктивной разработкой ультраобъемного опрыскивателя.
8. Проект механизации уборки овощей (в заданном хозяйстве) с конструктивной разработкой уборочной машины.
9. Проект механизации уборки картофеля (в заданном хозяйстве) с конструктивной разработкой картофелеуборочной машины.
10. Проект механизации уборки зерновых культур в Нечерноземной зоне РСФСР с конструктивной разработкой приспособления к уборочной машине для измельчения соломы.
11. Проект механизации послеуборочной обработки зерновых культур (в заданном хозяйстве) с конструктивной разработкой ворохочистителя.
12. Проект механизированного пункта для послеуборочной обработки овощей (картофеля).
13. Проект механизации культуртехнических работ (в заданном хозяйстве) с конструктивной разработкой корчевателя.
14. Проект механизации мелиоративных работ (в заданном хозяйстве) с конструктивной разработкой дренажной машины.

15. Проект автоматической системы силового регулирования плуга (чизеля, фрезы).

16. Проект устройства для настройки и контроля режимов работы пропашного культиватора.

17. Проект системы оперативного контроля качества технологического процесса овощной сеялки.

18. Проект интенсивной технологии возделывания овощных культур (в заданном хозяйстве) с разработкой устройства для контроля расхода семян при посеве.

Предлагаемые темы для дипломного проектирования не исчерпывают, конечно, все разнообразие машин и оборудования для механизации работ в растениеводстве, которые могут быть использованы как объекты для дипломных проектов. Кроме того, могут быть использованы и различные варианты исходных данных. Во всех случаях необходимо согласовывать тематику проектов с интенсивной (индустриальной) технологией производства работ в растениеводстве.

2.3. СОДЕРЖАНИЕ ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ, ИХ ОФОРМЛЕНИЕ И ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ

Так же как и задания на курсовые работы, индивидуальное задание на дипломное проектирование выдается каждому студенту по форме, разработанной на кафедре или факультете. Желательно, чтобы оформленные задания студенты получили до отъезда на преддипломную практику. В этом случае задание будет ориентировать студента при прохождении практики: в каком направлении ему следует вести работу на практике и собирать материал в соответствии с темой дипломного проекта. Если дипломный проект выполняется по заказу хозяйства, в котором студент проходит практику, то сведения о хозяйстве, исходные данные для проектирования и другие материалы должны быть изучены и собраны с наибольшей полнотой и глубиной.

Полезно в ряде случаев выдавать задания на дипломное проектирование за несколько месяцев до начала преддипломной практики. Это даст возможность студенту провести предварительное изучение вопросов, ознакомиться с литературными источниками и т. п.

Если студент участвует в научно-исследовательской работе кафедры, то тема дипломного проекта должна соответствовать выполняемой им работе. Поэтому тема и соответствующее задание ему могут быть оформлены задолго (за 1—2 года) до календарного срока начала дипломного проектирования.

Дипломный проект может быть продолжением и развитием курсовой работы и, следовательно, задание на проект может быть оформлено после защиты этой работы. В задании намечают основное содержание этапов выполнения дипломного проекта: составление расчетно-пояснительной записки, исполнение чертежей и другого графического материала. К заданию прилагается календарный план работы. Как правило, каждое задание включает:

тему дипломного проекта;

исходные данные к проекту;

перечень вопросов, подлежащих разработке;

перечень графического материала;

календарный план выполнения проекта.

Содержание расчетно-пояснительной записки обусловлено темой проекта, но применительно к указанной выше примерной тематике оно должно включать следующие разделы:

введение, в котором кратко отмечается актуальность проекта; зона, район и конкретное хозяйство; место машины в системе машин для комплексной механизации работ в растениеводстве и др.; характеристика природных и хозяйственных условий района или конкретного хозяйства, для которого проектируется машина (комплекс машин);

исходные (агротехнические) требования, предъявляемые к технологическому процессу агрегата (почвообрабатывающему, посевному, уборочному и т. п.), а также технические требования, предусмотренные государственными стандартами;

обзор существующих средств механизации проектируемого технологического процесса, их достоинства и недостатки;

обоснование технологической и конструктивной схем проектируемого агрегата для механизации той или иной полевой операции;

технологические расчеты (алгоритмы, программы) проектируемой машины и ее рабочих органов; моде-

ли функционирования, математические модели, выбор и обоснование основных параметров и режимов работы, расход энергии и др.;

конструктивные расчеты, алгоритмы расчета на прочность, надежность и долговечность машины и ее основных рабочих органов;

технико-экономическое обоснование проекта;

организацию работы и техническое обслуживание машины (комплекса машин);

мероприятия по охране труда и защите окружающей среды;

перечень использованной литературы.

В задании должно быть четко указано количество чертежей (общий вид проектируемого объекта, чертежи узлов, рабочие чертежи деталей, блок-схемы алгоритмов расчета на ЭВМ и др.). Ниже приводится в качестве примера несколько заданий на дипломное проектирование, которые используются на инженерном факультете Ленинградского сельскохозяйственного института.

Пример 8. Наименование вуза _____ Факультет _____

Кафедра сельскохозяйственных машин

Задание по дипломному проекту студента

(фамилия, имя, отчество)

Тема: «Проект плуга с пневмогидравлическим предохранителем для работы на почвах, засоренных камнями» (утверждена приказом № _____ по институту от _____, срок сдачи законченного проекта _____).

Исходные данные: агротехнические требования к основной обработке почвы; протоколы испытаний плугов с предохранителем от поломок на почвах, засоренных камнями.

Литература: по теме проекта.

Содержание расчетно-пояснительной записи:

1. Введение — характеристика условий работы плугов на почвах, засоренных камнями; обзор конструкций плугов с предохранительными устройствами; технологическая и конструктивная схемы плуга с пневмогидравлическими предохранителями; алгоритмы и программы технологических и конструктивных расчетов; результаты расчетов на ЭВМ (распечатки и их анализ).

2. Организация работы пахотного агрегата; технико-экономические расчеты; охрана труда и вопросы по защите окружающей среды.

Графический материал: общий вид плуга с пневмогидравлическим предохранителем — 2 листа; чертежи узлов пневмогидравлического предохранителя — 3 листа; рабочие чертежи деталей — 2 листа; блок-схемы алгоритмов расчетов на ЭВМ — 2 листа. Консультанты по проекту (с указанием относящихся к ним разделов).

Дата выдачи задания _____ Руководитель _____
(подпись)

Задание принято к исполнению _____
(подпись)

— — — 19 ____ г.

Календарный план выполнения дипломного проекта

№ п/п	Наименование этапов работы	Срок выполнения	Примечания
-------	----------------------------	-----------------	------------

- 1 Ознакомление с материалами и литературой
- 2 Характеристика условий работы и исходные требования
- 3 Разработка технологической и конструктивной схем плуга с пневмогидравлическими предохранителями
- 4 Разработка технологической и конструктивной схем пневмогидравлического предохранителя
- 5 Технологические и конструктивные расчеты
- 6 Разработка конструкции узлов предохранителя
- 7 Вычерчивание общего вида плуга с предохранителями
- 8 Оформление чертежей узлов и деталей
- 9 Разработка вопросов организации работы пахотного агрегата
- 10 Расчет технико-экономических показателей
- 11 Охрана труда и вопросы по защите окружающей среды
- 12 Оформление пояснительной записи

Дипломник _____
(подпись)

Руководитель _____
(подпись)

Пример 9. Наименование вуза _____ Факультет _____

Кафедра сельскохозяйственных машин

Задание по дипломному проекту студента

Тема: «Проект механизированного пункта для послеуборочной обработки картофеля в совхозе _____ Ленинградской

области с разработкой устройства подачи клубней к сортировальной машине» (утверждена приказом №_____ по институту от _____, срок сдачи законченного проекта _____).

Исходные данные: исходные требования к качеству продовольственного и семенного картофеля (стандарты и нормали); протоколы испытаний пунктов послеуборочной обработки картофеля; физико-механические свойства картофеля.

Литература: по теме проекта.

Содержание расчетно-пояснительной записи:

1. Введение; общая характеристика хозяйства и отрасли картофелеводства; современное оборудование пунктов послеуборочной обработки картофеля.

2. Модели функционирования пункта и его технологического процесса; алгоритм технологического расчета пункта.

3. Система подачи клубней к картофелесортировке; алгоритмы и программы расчета системы подачи и ее элементов; результаты расчетов на ЭВМ.

4. Организация работы пункта; технико-экономические показатели работы пункта; охрана труда и техника безопасности.

Графический материал: модель функционирования пункта — 1 лист; общий вид пункта — 2 листа; чертежи узлов системы подачи клубней — 3 листа; рабочие чертежи деталей — 2 листа; блок-схемы алгоритмов технических и конструктивных расчетов — 2 листа.

Консультанты по проекту (с указанием относящихся к ним разделов) _____

Дата выдачи задания _____

Руководитель _____
(подпись)

Задание принял к исполнению _____
(подпись)

— — — — 19 — г.

Календарный план выполнения проекта

№ п/п	Наименование этапов работы	Срок вы- полнения	Приме- чания
----------	----------------------------	----------------------	-----------------

- 1 Ознакомление с материалами и литературой
- 2 Общая характеристика совхоза и отрасли картофелеводства
- 3 Разработка технологического процесса послеуборочной обработки картофеля и его модели функционирования
- 4 Алгоритм технологического расчета
- 5 Разработка системы подачи клубней
- 6 Вычерчивание общего вида пункта

№ п/п	Наименование этапов работы	Срок ис- полнения	Примеча- ния
7	Разработка конструкции узлов системы подачи клубней		
8	Оформление чертежей узлов и деталей		
9	Разработка вопросов организации работы пункта		
10	Расчет технико-экономических показателей работы пункта		
11	Мероприятия по охране труда и вопросы по защите окружающей среды		
12	Оформление пояснительной записи		

Дипломник _____

(подпись)

Руководитель _____

(подпись)

2.4. ВЫПОЛНЕНИЕ ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ

2.4.1. Общие указания

Из примерного перечня тем дипломных проектов и форм заданий видно, что в отличие от курсовых работ основным содержанием дипломного проекта является эскизная разработка конструкции сельскохозяйственной или мелиоративной машины с подробной проработкой ее отдельных узлов (в соответствии с заданием). Процесс конструирования при дипломном проектировании должен быть максимально приближен к процессу конструирования в соответствующих КБ. Поэтому при дипломном проектировании должны в полной мере использоваться основные конструктивные параметры и элементы, методы конструирования узлов и деталей, принятые в отрасли сельскохозяйственного машиностроения.

Вместе с тем содержание дипломного проекта отличается от содержания конструкторского проекта (машины, узла) наличием элементов научно-исследовательской работы (НИР), выполненных до начала дипломного проектирования на кафедре вуза по теме будущего дипломного проекта.

Эти результаты могут быть представлены в виде графического материала и в виде элементов анализа

и синтеза математических моделей технологического процесса, выполняемого машиной (комплексом машин).

Таким образом, основным содержанием дипломного проекта является разработка технологической и конструктивной схем сельскохозяйственной машины с расчетом параметров и режимов работы основных рабочих органов в соответствии с заданными условиями работы. Существенное значение приобретают в дипломном проекте и расчеты на прочность деталей проектируемых узлов.

2.4.2. Исходные требования, необходимые для разработки дипломных проектов

Исходными и основополагающими документами при разработке дипломного проекта являются интенсивная технология производства сельскохозяйственных культур в заданном хозяйстве (районе) и комплекса машин, с помощью которого реализуется эта технология.

Интенсивная технология производства любой сельскохозяйственной культуры представляет собой совокупность агротехнических операций и организационно-технических мероприятий, обеспечивающих комплексную механизацию возделывания, уборки, послеуборочной обработки и хранения конечного продукта (зерна, картофеля и др.) с наибольшей эффективностью и максимумом продукции при минимальных затратах на единицу продукции в данных конкретных почвенно-климатических условиях. Характерная особенность интенсивных технологий — свое временное и высококачественное выполнение всех операций технологического процесса производства сельскохозяйственных культур, точное соблюдение норм и сроков посева, внесения удобрений и средств защиты растений. Все это достигается организацией оперативного и биологического контроля за состоянием посевов, использованием постоянной технологической колеи для машин, применением современных машин и приспособлений и их тщательной настройкой и регулировкой в соответствии с конкретными условиями эксплуатации.

Новым и полезным элементом в интенсивной тех-

нологии производства зерновых культур является технологическая колея, которая прокладывается при посеве. Она представляет собой незасеянную колею, по которой движется трактор с машинами при выполнении всех последующих после посева операций (внесение удобрений и гербицидов, химическая защита растений и др.). При возделывании зерновых культур ширина технологической колеи должна быть 1,8 м через каждые 10,8 м посева.

В технологическом процессе производства пропашных культур большой удельный вес занимают операции по уходу за растениями в период их роста: рыхление почвы и удаление сорняков в междурядьях, подкормки, полив и ряд других операций. Решающее значение для получения высоких урожаев пропашных культур имеет междурядная обработка. Однако из-за необходимости оставления широких защитных зон эффективность этой обработки оказывается низкой.

Интенсивная технология позволяет значительно снизить затраты на междурядную обработку пропашных культур и в ряде случаев полностью ее исключить. Для каждой пропашной культуры в зависимости от зоны ее производства разрабатывают и используют свои интенсивные технологии. Однако для всех пропашных культур в интенсивной технологии их производства особое значение приобретают следующие операции: внесение удобрений под основную обработку почвы, осенне и весенне выравнивание поля, внесение и заделка гербицидов в почву до посева и при уходе за посевами. Применение гербицидов позволяет исключить междурядную обработку.

Необходимым условием успешного применения интенсивной технологии является своевременное, высококачественное проведение всех операций возделывания пропашных и других сельскохозяйственных культур. Передовые хозяйства при основной обработке почвы вносят полную дозу удобрений (органических, минеральных, органоминеральных смесей, жидких комплексных удобрений). Вслед за внесением удобрений проводят зяблевую вспашку и выравнивание поверхности поля. Важнейшей операцией интенсивной технологии возделывания пропашных культур является внесение и заделка гербицидов в почву.

До посева и в период вегетации растений для внесения рабочих растворов гербицидов в хозяйствах используют опрыскиватели и подкормщики-опрыскиватели, а для заделки их в почву — дисковые бороны и лущильники. После предпосевной культивации с соответствующим набором рабочих органов производят посев по установленным схемам для данной зоны возделывания пропашных культур. Уход за посевами включает дисковое боронование, обработку посевов пестицидами и гербицидами соответствующей группы. При необходимости проводят одну междурядную обработку посевов.

Следует иметь в виду, что интенсивная технология возделывания сельскохозяйственных культур требует и прогрессивных методов организации работ: группового использования техники, четкой организации и разделения труда, правильного и четкого взаимодействия между звеньями бригады и всеми механизаторами. Возможность комплексной механизации производства сельскохозяйственных культур обусловлена развитием и совершенствованием интенсивных технологий их возделывания и уборки.

Важным элементом интенсивных технологий является и комплекс организационно-экономических мероприятий, который включает концентрацию производства, специализацию хозяйств и внутрихозяйственных подразделений на возделывание тех или иных культур; размещение их на участках, наиболее пригодных для работы машин; освоение рациональных севооборотов. Разумеется, что в процессе развития науки и практики эти технологии будут изменяться и совершенствоваться. Соответственно будет совершенствоваться и комплекс машин для реализации этих технологий.

При проектировании средств механизации для выполнения конкретных операций технологического процесса необходимо принимать за основу основополагающий отраслевой документ «Система машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства на 1981—1990 г.».

Все технические средства сгруппированы в девять разделов, содержащих комплексы машин для механизации возделывания, уборки, послеуборочной обработки и хранения различных сельскохозяйственных

культур в 20 зонах страны. В первые два раздела включены технические средства общего назначения. К ним отнесены энергетические, транспортные и погрузочные средства, машины для основной и предпосевной обработки почвы, а также зерновые рядовые сеялки и машины для внесения удобрений и защиты растений.

В специальный раздел выделены машины для механизации работ в горном земледелии. Впервые в систему машин включены технические средства для пришкольных и приусадебных участков, а также для выращивания грибов. Комплексы машин разработаны для всех основных технологий производства сельскохозяйственных культур с учетом этапов их внедрения.

Новое издание «Системы машин на 1986—1995 гг.» предусматривает дальнейшее совершенствование машин с учетом требований интенсивных технологий и интенсификации сельскохозяйственного производства. Общее количество технических средств в новой системе составляет около 2000 единиц.

Одним из главных направлений совершенствования системы машин остается существенное повышение удельного веса энергонасыщенных сельскохозяйственных агрегатов с мощными тракторами классов тяги 30, 50 и 80 кН. Широкозахватные агрегаты с этими тракторами предназначены для работ преимущественно в степных районах Казахстана и Сибири. Наименьший класс тяги 2 кН представлен в системе машин универсальным и селекционным тракторами мощностью 7,4—8,8 кВт.

Широкое развитие получают самоходные сельскохозяйственные машины. Вместе с традиционными самоходными зерноуборочными комбайнами они (корноуборочные, свеклоуборочные, кукурузоуборочные и др.) образуют большую группу самоходных машин, представляющих собой сочетание грузового автомобиля и рабочей сельскохозяйственной машины. Самоходные машины оснащаются двигателями большой мощности (до 100 кВт и более). Системой машин предусмотрено существенное увеличение номенклатуры самоходных машин, в том числе и семейства самоходных валковых жаток, способных формировать мощные валки растительной массы. Уже создан и

внедряется новый роторный зерноуборочный комбайн, пропускная способность которого до 10—12 кг/с растительной массы.

Прогрессивными направлениями совершенствования системы машин для растениеводства являются разработка, создание и внедрение комбинированных машин, выполняющих одновременно ряд операций возделывания сельскохозяйственных культур. К числу этих операций относятся основная и предпосевная обработка почвы, посев, внесение удобрений и др. Идея совмещений операций возделывания сельскохозяйственных культур не нова. Однако реализация этой прогрессивной идеи стала возможной лишь в настоящее время при достаточном уровне научно-технического прогресса в механизации сельскохозяйственного производства.

В перспективе комбинированный агрегат следует рассматривать не как простую совокупность машин и рабочих органов, соединенных для выполнения нескольких операций. Это должен быть сельскохозяйственный агрегат нового поколения, выполненный по прогрессивной технологической схеме и обеспечивающий высокое качество выполнения рабочего процесса. Высокая эффективность функционирования комбинированных агрегатов может быть достигнута лишь при их оснащении средствами контроля и управления, в том числе и автоматическими.

Основными достоинствами комбинированных машин и агрегатов, выполняющих несколько технологических операций за один проход, являются следующие:

1. Сокращение числа проходов машин и агрегатов при выполнении технологического процесса возделывания сельскохозяйственных культур. Многократные проходы агрегатов, выполняющих отдельные операции (вспашку, культивацию, боронование, внесение удобрений и др.), уплотняют почву, разрушают ее структуру, нарушают водно-воздушный режим, что отрицательно сказывается на урожае.

2. Сокращение сроков выполнения отдельных операций и потеря времени на холостые проходы и заезды.

3. Снижение затрат энергии и расхода топлива на

выполнение технологического процесса возделывания сельскохозяйственных культур.

4. Возможность полной загрузки агрегатов с энергонасыщенными тракторами.

5. Уменьшение или полностью ликвидация разрыва между операциями подготовки почвы и посева сельскохозяйственных культур, что позволяет осуществить посев семян в хорошо подготовленную и влажную почву.

6. Улучшение качества обработки и подготовки почвы к посеву.

Однако указанные преимущества могут быть реализованы при правильном обоснованном выборе технологических и конструктивных схем комбинированных машин и агрегатов с учетом конкретных почвенно-климатических условий зон применения принятых в них технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Что касается конструктивных схем комбинированных агрегатов, то тенденция их развития идет в двух направлениях — создания агрегатов, состоящих из нескольких однооперационных машин, и комбинированных машин со специализированными рабочими органами.

Первое направление получило преимущественное распространение в мировой практике. Агрегаты, составленные из нескольких однооперационных машин, позволяют при необходимости использовать эти машины раздельно. Агрегаты конструируются на общей базе в виде универсальной рамы. В качестве общей базы используется сам трактор или одна из машин, входящая в состав агрегата.

Второе направление создания комбинированных агрегатов идет по пути использования схем сеялок культиваторов. Эти агрегаты компактны и маневренны. В почвообрабатывающей части используются активные и пассивные рабочие органы.

Повышение эффективности функционирования системы машин требует существенного повышения и технического уровня отдельных машин, входящих в систему.

В настоящее время сельскохозяйственные машины и агрегаты оснащены лишь некоторыми локальными средствами контроля и сигнализации, аварий-

ной защиты и регулирования. Эти средства позволяют повысить производительность машин, улучшить качество выполняемых операций и условий труда механизаторов. Однако технический уровень систем контроля и управления невысок. Кроме того, существующие средства контроля УСАК, КЕДР и др. работают по принципу «да — нет» и не контролируют качество технологических процессов.

В дальнейшем планируется перейти к более широкой автоматизации за счет применения унифицированных систем контроля с устройствами памяти и автоматизированных систем с настройкой оптимальных режимов, обеспечивающих наибольшую производительность при минимальных потерях. Предполагаются также разработка и внедрение систем управления пространственным положением машин, что очень важно для широкозахватных агрегатов.

Спецификой условий функционирования агрегатов (статистическая природа внешних воздействий, сложность, а подчас и недоступность получения информации о протекании технологических процессов и др.) можно объяснить и то, что до настоящего времени работы по созданию систем контроля и управления качеством технологических процессов не вышли из стадии экспериментирования. Следует также отметить, что до настоящего времени даже показатели эффективности функционирования сельскохозяйственных агрегатов и их систем контроля и управления недостаточно разработаны. При конструировании систем контроля и управления показателям качества работы и прогнозированию эффективности функционирования в конкретных почвенно-климатических условиях уделяется недостаточное внимание. Существующие методы оценки эффективности функционирования сельскохозяйственных агрегатов и их систем управления, равно как и агротехнические, эксплуатационные, технико-экономические оценки выходных процессов, определяющих качество работы агрегатов, требуют существенной корректировки. Корректировка прежде всего должна быть направлена на разработку системы функциональных допусков на протекание технологических процессов.

Существенными для разработки рациональных систем автоматического управления технологическими

процессами сельскохозяйственных агрегатов являются выбор и обоснование принципов контроля и управления. В общей постановке эти принципы включают способы оценки состояния технологического процесса как объекта контроля и управления, принятые решения о соответствии состояния процесса установленным требованиям и о необходимом управлении.

В силу случайного (в вероятностно-статистическом смысле) характера технологического процесса показателями его состояния целесообразно считать числовые характеристики (средние значения, дисперсии, оценки вероятности сохранения заданных допусков и др.), которые определяются условиями функционирования (входными воздействиями) и начальными условиями и параметрами агрегата.

Принятие решения о соответствии состояния процесса установленным требованиям основывается на сравнении оценки показателя эффективности процесса с допусками или допустимыми значениями этих числовых характеристик. Для реализации указанных принципов необходимо установить соответствующие алгоритмы контроля и управления.

Системы автоматического управления должны выполнять и ряд других функций, в частности управление положением рабочих органов, защиту от перегрузок, управление приводами рабочих органов, управление движением агрегатов и др.

2.4.3. Технологические и конструктивные расчеты машин и их рабочих органов

Предварительные замечания. Так же как и при выполнении курсовых работ, для любой проектируемой машины (рабочего органа) должна быть построена модель функционирования в виде блок-схемы (см. рис. 2). На основании таких моделей разрабатывают (теоретически или экспериментально) математические модели, т. е. математические описания технологических процессов машин и их рабочих органов. Как уже отмечалось, построение математической модели машины или ее технологического про-

цесса заключается в определении вида и структуры оператора A_y [см. соотношение (3)].

Независимо от вида сельскохозяйственной культуры и конкретной зоны технология производства этой культуры складывается из совокупностей операций, выполняемых машинами до уборки (до получения растений, готовых к уборке), и совокупностей операций (основных и вспомогательных), выполняемых при уборке, с получением готовой продукции и закладки ее на хранение.

Поскольку дипломное проектирование включает разработку какой-либо одной машины или приспособления, удобней разбить всю технологию (в том числе и интенсивную) на два этапа — возделывания и уборки.

Технологический процесс возделывания любой культуры можно представить в виде трех сложных подпроцессов:

обработки и подготовки почвы к посеву (посадке), включая и внесение удобрений;

посева (посадки);

ухода за посевами.

Содержание подпроцессов, сроки и последовательность выполнения отдельных работ зависят от особенностей отдельных культур и местных почвенно-климатических условий, т. е. от видов операций в интенсивной технологии. Так, например, большинство операций предпосевной обработки почвы дополняют основную (вспашку, плоскорезную обработку и др.) и выполняются различными почвообрабатывающими машинами и орудиями (боронами, культиваторами, катками и др.). Весьма трудоемкими являются технологические процессы возделывания пропашных культур (картофеля, кукурузы, сахарной свеклы, овощных культур и др.). Они включают ряд операций по уходу за растениями в период их вегетации. Комплекс приемов по уходу за посевами и посадками пропашных культур включает такие операции, как разрушение почвенной корки, прополку и рыхление междурядий, прореживание всходов, обработку всходов гербицидами, окучивание, подкормку, сухими и жидкими удобрениями и др. Многие из этих работ повторяются за сезон несколько раз. Основное место в комплексе работ по уходу за посадками пропашных

Рис. 18. Блок-схема модели функционирования технологического процесса возделывания сельскохозяйственных культур

культур занимает междурядная обработка, которая выполняется большой группой специализированных машин и орудий.

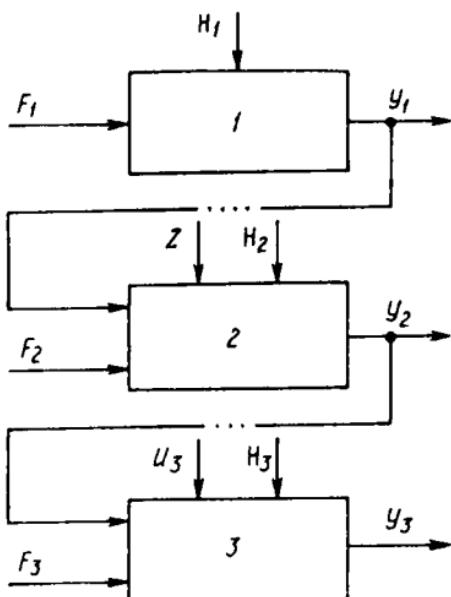
В результате осуществления технологических процессов возделывания (с учетом биологических и физико-механических свойств семян и почвы) за определенный период вегетации получаем растения (корне- и клубнеплоды) с соответствующей густотой стояния, готовые к уборке.

Уборка — завершающий этап технологического процесса производства сельскохозяйственной культуры. Она является еще более сложным производственным процессом, состоящим из ряда основных и вспомогательных операций.

В первом приближении модель функционирования технологического процесса возделывания сельскохозяйственных культур может быть представлена в виде трехэлементного объекта (рис. 18). На входе элемента 1 — подпроцесса обработки и подготовки почвы к посеву (посадке) семян — действуют почвенные условия, которые можно представить векторной функцией F_1 с составляющими: неровностью поля $Z_n(t)$ и сопротивлением $R(t)$, т. е.

$$F_1 = \{Z_n(t); R(t)\}.$$

Выходной переменной первого подпроцесса будет качество обработки и подготовки почвы, которое описывается векторной функцией Y_1 . Последняя вклю-



чает показатели качества обработки почвы, установленные исходными (агротехническими) требованиями, например степень крошения или плотность δ_p почвы, подготовленной к посеву (посадке); равномерность глубины обработки почвы $a_1(t)$ и др., а также показатели качества. Для элемента 2 — подпроцесса посева (посадки) — входными переменными будут $Y_1 = \{\delta_p(t)\}$, $a_1(t)$, условия функционирования F_2 и переменная Z , характеризующая физико-механические свойства посевного (посадочного) материала (размеры семян, аэродинамические свойства и др.). Входная функция F_2 включает те же компоненты $Z_p(t)$ и $R(t)$, что и F_1 , но в общем случае количественные характеристики отдельных компонентов могут быть другими. Выходная функция элемента 2 включает показатели качества посева (посадки) семян сельскохозяйственных культур. Такими показателями будут расход семян $K(t)$, глубина заделки семян $h_3(t)$, распределение семян в рядах $l(t)$, конфигурация рядов $y_p(t)$ и др.

На входе элемента 3 — подпроцесса ухода за растениями — действуют функции $Y_2 = \{K(t), h_3(t), l(t), y_p(t)\}$ и $F_3 = \{Z_p(t), R(t)\}$, но с другими характеристиками. Выходными переменными будут компоненты функции Y_3 — показатели качества выполнения машинами операций по уходу за растениями. К числу этих компонентов относятся: глубина рыхления $a_3(t)$, количество подрезанных растений $P(t)$, ширина защитной зоны $c(t)$, равномерность распределения гербицидов $K_r(t)$ и др. Для каждого подпроцесса предусмотрена и совокупность настроек H_1 , H_2 и H_3 (глубины хода рабочих органов, расхода семян и удобрений и др.). Такое представление технологического процесса возделывания сельскохозяйственных культур дает возможность рассматривать каждый подпроцесс как объект, преобразующий (с помощью соответствующих машин) входные воздействия (причины) в выходные (следствия). Каждый выходной компонент обусловлен всеми или частью входных воздействий. Однако учесть все входные воздействия, влияющие на ход отдельных подпроцессов, практически невозможно. Приходится ограничиваться лишь главными и определяющими воздействиями, а остальные относить к неконтролируемым. Пунктирами в

схеме отмечены возможности разрыва подпроцессов (во времени).

Для каждого из этих подпроцессов в зависимости от принятой технологии и комплексов машин, реализующих эту технологию, могут быть построены в терминах «вход — выход» разветвленные модели функционирования (по числу операций, типам машин и др.). Аналогично могут быть построены и энергетические модели операций возделывания сельскохозяйственных культур, которые определяют при тех же входных воздействиях затраты энергии на выполнение всего процесса в целом и на отдельные его подпроцессы. Что касается конкретных моделей функционирования машин и их технологических процессов, а также математического описания этих моделей, то при дипломном проектировании можно в полной мере использовать материалы, изложенные в разделе 1.2 для курсовых работ. Некоторые уточнения даны ниже для машин, реализующих технологию производства сельскохозяйственных культур.

Расчетные схемы и алгоритмы расчета основных параметров почвообрабатывающих машин и орудий. Как уже отмечалось, несмотря на существенные различия конструкций и рабочих процессов машин и орудий для основной, предпосевной и послепосевной обработок почвы расчетные модели их функционирования (в рамках элемента I на рис. 18) имеют много общего.

Для плугов и орудий предпосевной обработки почвы основной расчетной схемой может служить модель с двумя входными и двумя выходными переменными (см. рис. 3).

Входными переменными будут профиль поверхности поля $Z_p(t)$ и сопротивление $R(t)$, а выходными — глубина обработки почвы $a(t)$ [или плотность почвы $\delta_p(t)$] и тяговое сопротивление $P(t)$. Настроичными значениями выходных переменных будут скорость движения v_0 агрегата и заданная глубина a_n обработки почвы. Операторы A_z и A_R определяют статические и динамические свойства орудия.

При расчетах на ЭВМ на стадии проектирования можно ограничиться рассмотрением моделей с двумя входными и одной выходной переменной $a(t)$ или $P(t)$, причем

$$a(t) = Z_b(t) - Z_n(t), \quad (50)$$

где $Z_b(t)$ — профиль дна борозды.

Для расчета на ЭВМ выходных переменных $a(t)$ и $P(t)$ по схеме на рис. 3 могут быть использованы передаточные функции, отраженные соотношениями (10) и (11). Значения τ , T_1 , T_2 и K , входящие в соотношения (10) и (11), зависят от конструктивных параметров орудия (рабочего захвата, распределения масс и др.) и скорости агрегата v_0 . Однако аналитическая связь этих коэффициентов с параметрами орудия не установлена. Поэтому при расчетах на ЭВМ следует пользоваться экспериментальными данными.

В качестве примера в табл. 4 приведены значения коэффициентов передаточных функций некоторых плугов, полученные в результате их идентификации как одномерных моделей с входным воздействием — профилем поверхности поля $Z_n(t)$ при $v_0 = 1,1—2,2$ м/с. Выходными переменными были: профиль дна борозды $Z_b(t)$ или глубина $a(t)$ обработки почвы.

4. Значения коэффициентов передаточных функций

Тип плуга	K	$\tau, \text{с}$	$T_1, \text{с}$	$T_2, \text{с}$
Навесной ПН-3-35	0,5—1,2	0,6—1,6	0,15—0,31	0,2—0,7
Полунавесной				
ПГП-7-40	1,9	—	0,16	0,25
Прицепной пятикорпусный	0,32—0,37	0,6—0,7	0,24—0,32	0,1—0,12

В модели полунавесного плуга входной переменной принималась глубина вспашки $a(t)$, а выходной — усилия $P_t(t)$ в нижних тягах навески трактора К-701.

Постоянные T_2 и T_1 отражают инерционные и демпфирующие свойства плугов как динамических систем. Одной из важных оценок динамических свойств таких систем является коэффициент демпфирования:

$$\rho_d = T_1 / 2T_2. \quad (51)$$

Если $\rho_d < 1$, то система колебательная; если же $\rho_d > 1$ — апериодическая. С точки зрения качества вспашки и технологической надежности рабочего процесса желательно, чтобы почвообрабатывающие машины были апериодическими системами. Из табл. 4 видно, что по отношению к профилю поверхности по-

ля навесной и полунавесной плуги ведут себя как колебательные системы ($\rho_d < 1$), а прицепной плуг — как апериодическая система ($\rho_d > 1$). Следует отметить, что с повышением скорости движения демпфирующие свойства системы плуг — почва ухудшаются.

Алгоритм расчета на ЭВМ выходных переменных моделей функционирования почвообрабатывающих машин и орудий при заданных реализациях входных воздействий $Z_d(t)$ и $R(t)$ и передаточных функций в виде соотношения (10) или (11) заключается в вычислении вероятностных характеристик глубины обработки почвы $a(t)$ и тягового сопротивления $R(t)$. Расчет на ЭВМ выполняется по следующим соотношениям:

средние значения переменных

$$m_a = K_z m_z + K_R m_R \quad (52)$$

и

$$m_P = K'_z m_z + K'_R m_R; \quad (53)$$

дисперсии

$$D_a = \int_0^{\omega_{cp}} S_a(\omega) d\omega \quad (54)$$

и

$$D_P = \int_0^{\omega_{cp}} S_P(\omega) d\omega. \quad (55)$$

В соотношениях (52) — (55) приняты следующие обозначения: m_z , m_R и m_P — оценки средних значений реализаций $Z(t)$, $R(t)$ и $P(t)$; K_z , K'_z , K_R и K'_R — коэффициенты усиления передаточных функций; $S_a(\omega)$ и $S_P(\omega)$ — спектральные плотности выходных переменных $a(t)$ и $P(t)$.

В алгоритм должно быть включено вычисление спектральных плотностей по следующим соотношениям:

$$S_a(\omega) = [A_z(\omega)]^2 S_z(\omega) + [A_R(\omega)]^2 S_R(\omega) \quad (56)$$

и

$$S_P(\omega) = [A'_z(\omega)]^2 S_z(\omega) + [A'_R(\omega)]^2 S_R(\omega), \quad (57)$$

где $A_z(\omega)$, $A'_z(\omega)$, $A_R(\omega)$, $A'_R(\omega)$ — амплитудно-частотные характеристики моделей по соответствующим входным воздействиям $Z_d(t)$ и $R(t)$; $S_a(\omega)$, $S_P(\omega)$, $S_z(\omega)$, $S_R(\omega)$ — спектральные плотности на выходе и входе моделей.

Соотношения (52) — (57) позволяют решить на стадии проектирования задачу прогнозирования вероятностных характеристик $[m, D, S(\omega)]$ почвообрабатывающих машин и орудий при известной математической модели и информации о входных воздействиях — профиля поверхности поля $Z_n(t)$ и сопротивления почвы $R(t)$.

Остановимся подробней на структуре переменных $Z_n(t)$ и $R(t)$ и их статистике.

Для оценки изменения неровностей поле профилируют и получают реализации случайной функции $Z_n(L)$, причем аргумент L — путь. Чаще всего для профилирования пользуются геодезическим нивелиром с рейками. Предложены и другие методы профилирования с помощью различных устройств и приспособлений.

По реализации профиля поверхности поля $Z_n(L)$ обработкой на ЭВМ получают корреляционную функцию $R(l)$ и спектральную плотность $S(\omega)$. Аргументы L реализации и сдвига l корреляционной функции измеряются в единицах длины — в м, а аргумент ω спектральной плотности — в м^{-1} . Для характеристики профиля поверхности поля как функции воздействия на агрегат необходимо перейти от этих аргументов к временным аргументам t и τ , а также частоте, с^{-1} .

Чтобы перейти от случайной функции $Z_n(L)$ к случайному процессу $Z_n(t)$, надо аргумент L разделить на скорость движения агрегата. При $v = 1 \text{ м/с}$ численные значения $Z_n(L)$ и $Z_n(t)$ совпадают. Переход к временному масштабу для нормированных корреляционной функции $\rho_z(\tau)$ и спектральной плотности $\sigma(\omega)$ осуществляется по соотношениям

$$\left. \begin{aligned} \rho_z(\tau) &= \rho_z(l/v); \\ \sigma_z(\omega) &= \sigma_z(\omega v/v); \end{aligned} \right\} \quad (58)$$

Для конкретного поля после вычисления соответствующих характеристик по ансамблю реализаций $Z_{ni}(L)$ ($i = 1, 2, \dots, n$) на различных участках могут быть определены усредненные расчетные значения характеристик:

$$\left. \begin{aligned} \rho_z^{cp}(l) &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \rho_{zi}(l); \\ \sigma_z(\omega) &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma_{zi}(\omega). \end{aligned} \right\} \quad (59)$$

По этим данным представляется возможным для конкретной зоны установить наиболее типичные группы полей по характеру изменения $\rho_z^{\text{ср}}(l)$ и $\sigma_z^{\text{ср}}(\omega)$, а также соответствующих среднеквадратических отклонений $\sigma_z^{\text{ср}}$.

В результате обработки многочисленной информации о реализациях процесса $Z_n(L)$ в различных зонах страны оказалось возможным сделать следующие обобщения. Абсолютное большинство полей, находящихся в севооборотах, по статистикам реализаций процесса $Z_n(L)$ можно разбить на три группы:

1) с легкими условиями работы — $\sigma_z \leq 1,4$ см и $\bar{\omega}_c \leq 8 \text{ м}^{-1}$;

2) со средними условиями — $1,4 < \sigma_z \leq 2,2$ см и $8 \leq \bar{\omega}_c \leq 12 \text{ м}^{-1}$;

3) с тяжелыми условиями — $\sigma_z > 2,2$ см и $\bar{\omega}_c > 12 \text{ м}^{-1}$; σ_z — среднее квадратическое отклонение, $\bar{\omega}_c$ — частота среза спектральной плотности.

Установлено, что в изменениях неровностей, помимо случайной части, имеются и периодические составляющие, причем частоты, при которых спектральная плотность имеет наибольшее значение, колеблются примерно от $\bar{\omega} \approx 2$ до $\bar{\omega} \approx 7,0 \text{ м}^{-1}$ соответственно.

Анализ спектральных плотностей показал, что основной спектр дисперсии заключен в диапазоне частот от 0 до 12 м^{-1} и более. Следовательно, на рассматриваемых полях высокий диапазон существенных периодов колебался в пределах от $L \rightarrow \infty$ (при $\bar{\omega} = 0$) до $L = 1,6 \text{ м}$ (при $\bar{\omega} = 4 \text{ м}^{-1}$). Низкий диапазон периодов, более характерный для полей Северо-Западной зоны, колеблется от $L = 1,6 \text{ м}$ (при $\bar{\omega} = 4 \text{ м}^{-1}$) до $L = 0,52 \text{ м}$ (при $\bar{\omega} = 12 \text{ м}^{-1}$).

Колебания высоты неровностей, оцениваемые показателем σ_z , сравнительно невелики. Если принять, что ординаты распределены по нормальному закону, то наибольшие высоты неровностей от дна впадины до вершины неровностей могут быть оценены показателем $6\sigma_z = 5,4 - 25,8 \text{ см}$. Таким образом, для рассматриваемых полей характерны небольшие неровности по высоте и короткие — по длине.

Важным входным воздействием в модели функционирования почвообрабатывающих машин является

сопротивление почвы $R(t)$. Затрата механической энергии на работу почвообрабатывающих машин определяется главным образом теми сопротивлениями, которые возникают при перемещении рабочих и вспомогательных частей машин в почве.

Количественная оценка сопротивлений представляет собой весьма трудную задачу ввиду изменчивости большинства факторов (физико-механических свойств почвы, ее состояния и влажности, скорости движения и др.), определяющих эти сопротивления. Недоступность непосредственной регистрации сопротивлений является одной из особенностей моделей функционирования почвообрабатывающих машин.

Наиболее распространенным способом количественной оценки сопротивлений, возникающих при работе почвообрабатывающих машин, является оценка по тяговому сопротивлению. По этому сопротивлению для плугов и определены удельные сопротивления почвы. В силу ограниченности этого показателя для характеристики свойств почвы предложены различные аналоги в виде, например, твердости почвы.

Твердостью называют способность почвы сопротивляться проникновению в нее деформатора. Существующие твердомеры (Горячкина, Высоцкого, Ревякина) являются приборами дискретного действия и измеряют сопротивление почвы вертикальному внедрению в нее наконечника прибора. Измерение твердости такими приборами предусмотрено стандартом на испытание плугов. Однако такая оценка сопротивления почвы недостаточно отражает те ее свойства, которые проявляются при движении рабочих органов почвообрабатывающих машин. Так, например, при работе плуга наблюдается лишь некоторая корреляция твердости и тягового сопротивления, а при работе культиваторов корреляция вообще отсутствует.

Разработаны метод непрерывного определения продольной твердости почвы и соответствующий прибор для этой цели [2], [3].

Исследования показали, что продольная твердость $r(t)$ коррелирована с тяговыми сопротивлениями почвообрабатывающих машин и эту твердость можно рассматривать как более универсальную характеристику зональных почвенных условий, а не как удельное сопротивление почвы при вспашке и рыхлении.

В результате обработки значительной информации о процессах установлено, что большинство почв на глубине рыхления до 20—25 см имеют следующие группы по продольной твердости:

- 1) $m_{r_1} \leq 35$ кПа; $V_{r_1} = 15-18\%$ (легкие почвы);
- 2) $35 < m_{r_2} \leq 60$ кПа; $18 < V_{r_2} \leq (25-30)\%$ (средние почвы);
- 3) $m_{r_3} > 60$ кПа; $V_{r_3} > 30\%$ (тяжелые почвы), причем m_{r_1} — средние значения твердости, V_{r_1} — коэффициент вариации.

На стадии проектирования для прогнозирования выходных процессов работы почвообрабатывающих и других мобильных сельскохозяйственных машин можно использовать несколько путей:

первый путь заключается в том, что сначала устанавливают (хотя бы в первом приближении) характеристики входных воздействий; далее вычисляют передаточные функции и ожидаемые статистические характеристики выходных процессов;

второй путь, наиболее целесообразный, — натурные испытания экспериментального образца по предварительно разработанной модели и обработка результатов испытаний на ЭВМ; в этом случае получают суммарный эффект действия всех входных воздействий; далее методом идентификации устанавливают математическую модель машины (передаточную функцию); затем расчетным путем или моделированием на ЭВМ устанавливают ожидаемые характеристики выходных процессов при других входах.

При проектировании приходится выбирать и проектировать ряд других параметров почвообрабатывающих машин и их рабочих органов (размещение рабочих органов, расположение опор, размеры рабочих органов и вспомогательных частей, расход энергии и др.). Для решения этих вопросов и выполнения соответствующих расчетов следует пользоваться учебной и научной литературой, ГОСТами и ОСТами, а также справочниками и методическими разработками. В качестве примера может быть использована методика расчета, изложенная в примере 1.

Расчетные схемы и алгоритмы расчета параметров посевных и посадочных машин. Посевные и посадочные машины являются более сложными динамиче-

скими системами, чем почвообрабатывающие. Они представляют собой системы со значительным числом степеней свободы. Кроме того, в них происходит непрерывное изменение структуры потока семян (клубней) от высевающего (вычерпывающего) аппарата до заделки в почву.

Как и у машин для обработки почвы, так и у посевных машин основными возмущениями будут неровности поверхности поля $Z_p(t)$ и сопротивление почвы $R(t)$ [или его аналог $r(t)$ — продольная твердость почвы $r(t)$]. Для расчета технологического процесса сеялки может быть использована расчетная схема из курсовой работы по моделированию на ЭВМ сошника зерновой сеялки, изображенная на рис. 12. При наличии первичной информации о процессах на входе и выходе элементов этой модели и их операторов могут быть рассчитаны на ЭВМ основные технологические показатели работы сеялки и ее рабочих органов по методике, изложенной в примере 2.

Расчетная схема на рис. 12 может быть использована и для картофелепосадочной машины. В этом случае вычерпывающий аппарат создает поток клубней $K_a(t)$, который преобразуется клубнепроводом и сошником в поток отдельных клубней, заделываемых почвой на глубине $h_k(t)$ со случайным шагом посадки. Можно предложить следующий примерный общий порядок технологического расчета любой сеялки (рядовой, пункцирной и др.);

конструирование общей схемы;

выбор и обоснование параметров высевающей и заделывающей систем (высевающего аппарата, сошника):

конструирование механизма передач;

моделирование на ЭВМ сошника сеялки;

оценка качества работы.

Конструирование общей схемы сеялки выполняется на основе технического задания с учетом исходных требований. Перед началом дипломного проектирования по темам, связанным с посевными (посадочными) машинами, должны быть уточнены основные исходные данные, назначение сеялки и агротехнические требования, наименование культур и их нормы высева, ширина междурядий, производительность, тип трактора и сеялки, специальные требования (клима-

тические и другие особые условия, в которых будет работать сеялка).

По техническому заданию, существующим стандартам и нормативам устанавливают ширину захвата сеялки, объем ящиков для семян и гранулированных удобрений, типы высевающих аппаратов, семяпроводов и сошников.

Ширину захвата сеялки (или совокупности сеялок для работы с энергонасыщенными тракторами) устанавливают по заданной ширине междурядий (по схеме посева). При ширине междурядий a и числе сошников m ширина захвата сеялки будет $B=ma$. Следует предусмотреть разные схемы посева (рядовой, ленточный, широкорядный и др.). Установленное значение B необходимо согласовать с принятым модулем для заданного типа сеялки.

Объем $U_{\text{я}}$ семенного ящика (или его отделения) можно вычислить по следующему соотношению:

$$U_{\text{я}} = L_{\text{г}} Q_{\text{max}} B / 10^4 \gamma, \quad (60)$$

где $L_{\text{г}}$ — длина пути (гона), проходимого сеялкой от одной за правки до другой, м; Q_{max} — наибольшая норма высева, кг/га; γ — объемная масса семян, кг/м³.

Так как в конце гона в ящике должен оставаться запас семян не менее 10—15 % от общего объема ящика, то расчетный объем надо увеличить до $U'_{\text{я}} = (1,1—1,15) U_{\text{я}}$. Практикой конструирования рядовых сеялок и ГОСТ 18443—73 установлены для семенных ящиков или их отделений следующие объемы на 1 м ширины захвата: для зерновых культур, льна и травосмесей — не менее 120 дм³, для гранулированных минеральных удобрений — не менее 50 дм³.

При конструировании сеялок для высева слабосыпучих семян (трав, овощных культур) необходимо предусмотреть принудительную подачу семян к высевающим аппаратам. Для этой цели ящики сеялок оборудуют ворошителями семян и нагнетателями. Ворошители предотвращают сводообразование, а нагнетатели обеспечивают направленное непрерывное питание высевающего аппарата.

Размещение сошников на раме сеялки обусловлено заданной шириной междурядий a и полезной длиной сошникового бруса $L_{\text{п}}$. При стандартной ширине междурядий $a=15$ см и ширине захвата $B=3,60$ м на

сошниковом брусе размещаются 24 сошника, а $L_{\pi} = B - a = 3,60 - 0,15 = 3,45$ м.

Любая рядовая сеялка может быть использована и для широкорядного посева с $a > 15$ см, и для ленточного. В общем случае возможное число сошников на сеялке будет

$$m = (L_{\pi}/a) + 1. \quad (61)$$

При делении L_{π} на a остаток отбрасывается, и в расчет принимается только целое число. Остаток показывает, что при заданной ширине междурядий полезная длина бруса не используется полностью и расстояние между крайними сошниками будет меньше полезной длины бруса.

При размещении сошников на ленточный посев расчет ведут по расстоянию $A = a_1 + (n-1)$ между серединами лент, причем n — число строчек в ленте; a_1 и a — расстояние между лентами и рядами в ленте соответственно. В этом случае расчетная длина сошникового бруса $L_p = L_{\pi} - (n-1)a$, а число лент, обрабатываемых за один проход, $N = (L_p/A) + 1$. При n сошниках в ленте общее число сошников на сеялке $m = nN$.

Расстояние L_c между рядами сошников по ходу сеялки имеет существенное значение для процесса бороздообразования и заделки семян. ГОСТ 18443—73 предусматривает для всех типов зернотуковых сеялок $L_c = 300$ мм.

При движении в рыхлом слое почвы перед каждым сошником появляется так называемый предсошниковый холм, образующийся впереди и по обеим сторонам. Область поверхности почвы, на которую воздействует сошник, характеризуется некоторым контуром, размеры которого обусловлены конструкцией сошника и строением почвы. Ширина B_x предсошниковых холмов определяет наименьшее расстояние a_c между сошниками в одном ряду, причем необходимо выдержать условия $a_c > B_x$. При сближении сошников в ряду до $a_c \approx B_x$ предсошниковые холмы смыкаются и образуют сплошной вал: сошники начинают грести почву, и процесс бороздообразования нарушается. По данным для дисковых сошников принимают $a_c \geq 25-28$ см; у наральниковых сошников с тупым углом входа в почву $a_c \geq 15$ см, с острым

углом входа — $a_c \geq 20$ см. Поэтому сошники, как правило, ставятся в два ряда. Выбор и обоснование параметров высевающих аппаратов и сошников осуществляются на основе технического задания, существующих нормативных материалов (стандартов), результатов испытаний и соответствующих расчетов.

Основополагающим при выборе и обосновании параметров любых высевающих аппаратов дозирующих систем является обеспечение равномерного потока семян. Для оценки этой равномерности можно использовать показатель в виде расхода семян K_b , г/с, в единицу времени:

$$K_b = 10^{-3} Q_n a_n v_c, \quad (62)$$

где Q_n — норма высева, кг/га; a_n — ширина междурядья, см; v_c — скорость движения, м/с.

Значение расхода семян по формуле (62) следует считать настроенным. В действительности в силу различных случайных факторов расход семян представляет собой случайный процесс $K_b(t)$ с соответствующими вероятностными характеристиками. С этой характеристикой связана и равномерность распределения семян по длине ряда:

$$K_l(t) = K_b(t) / v_c, \quad (63)$$

причем настроенное значение K_{l_n} , г/м, по заданной норме будет

$$K_{l_n} = 10^{-3} Q_n a_n; \quad (64)$$

С этими характеристиками $K_b(t)$ и $K_l(t)$ связан и обобщенный показатель высевающих аппаратов с вращающимися элементами (катушками, дисками и др.) — рабочий объем U_0 (масса), представляющий собой объем (массу) семян, высеваемых за 1 оборот элемента (катушки, диска и др.). Расчетные значения U_0 определяются агротехническим заданием и передаточным отношением i от оси опорно-приводных колес к валу высевающих аппаратов. Из теории высевающих аппаратов известно, что

$$U_k = i U_0, \quad (65)$$

где U_k — объем (масса) семян, высеваемых аппаратом за один оборот приводного колеса, см³.

Значение U_k вычисляют по формуле

$$U_k = \pi D_k K_{l_n} / [\gamma - (1 - \varepsilon)], \quad (66)$$

где D_k — диаметр колеса, м; γ — объемная масса семян, г/см³; ε — коэффициент скольжения колеса.

Высевающие аппараты проектируют обычно для ряда культур, норма высева которых изменяется от Q_{\min} до Q_{\max} . Из формул (65) и (66) видно, что эти нормы могут быть обеспечены тремя способами:

изменением передаточного отношения i при $U_0 = \text{const}$; изменением рабочего объема U_0 при $i = \text{const}$; изменением U_0 и i .

В отечественных зерновых рядовых сеялках установлены аппараты со сдвигаемыми катушками с возможностью изменения U_0 за счет изменения рабочей длины l_p , передаточного отношения i (перестановкой или сменой шестерен и звездочек в механизме передачи движения). При диаметрах катушки d и опорно-приводного колеса D_k справедливо следующее соотношение:

$$i = a(D_k)/d. \quad (67)$$

Для зерновых культур с нормами высева $Q_n = 120-200$ кг/га можно принимать $a = 0,20-0,045$.

Расчетное значение рабочего объема (массы) U_0 достигается выбором соответствующих размеров катушек. В теории катушечных высевающих аппаратов установлены соотношения [4], [5], связывающие размеры катушки, обеспечивающие заданные агротехническими требованиями значения U_0 . Однако при дипломном проектировании надо подбирать стандартные высевающие аппараты. При этом важно уточнить, обеспечивает ли выбранный аппарат заданный диапазон норм высева. При этом следует иметь в виду, что в реальных условиях эксплуатации значения рабочего объема U_0 или рабочей массы $m_0 = U_0 \gamma$ не остаются постоянными и могут существенно отличаться от расчетных. Так, по некоторым опытным данным, колебания рабочей массы при высеве зерновых культур сеялкой СЗ-3,6 (при изменении частоты вращения вала высевающих аппаратов от 1,05 до 4,2 с⁻¹ и рабочей длины катушки от 10 до 34 мм) характеризовались следующими параметрами: $m_{0\text{ср}} \approx 8,1-23,7$ г/об, среднее квадратическое отклонение $\sigma_m = 0,9-2,4$ г/об, коэффициент вариации $V_m = 4,2-17,5\%$. С увеличе-

нием частоты вращения и рабочей длины катушки неравномерность рабочей массы уменьшается.

По результатам экспериментальных исследований была проведена идентификация высевающего аппарата сеялки СЗ-3,6 как дозирующей системы. Оказалось, что в нормальных условиях динамические свойства дозирующей системы могут быть описаны передаточной функцией вида

$$W(s) = K_d l_p / (Ts + 1), \quad (68)$$

где l_p — рабочая длина катушки высевающего аппарата, мм.

Как и следовало ожидать, коэффициент усиления $K = K_d l_p$ модели высевающего аппарата пропорционален рабочей длине катушки, причем коэффициент пропорциональности K_d для зерновых культур колеблется в пределах 0,10—0,12, а постоянная времени $T = 0,20—0,27$ с. Семяпровод в процессе расхода семян вносит запаздывание, так что с учетом работы семяпровода передаточная функция будет иметь вид

$$W(s) = K_d l_p e^{-\tau s} / (Ts + 1), \quad (69)$$

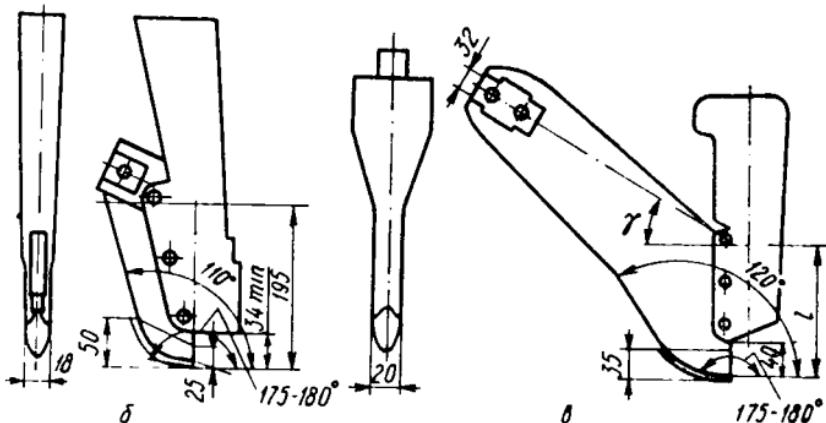
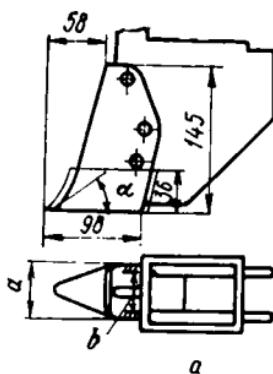
где τ — время запаздывания, с.

При высеве семян овощных культур сеялкой СО-4,2 были получены следующие значения коэффициента пропорциональности: для семян моркови — $K_d \approx 0,05$; редиса — $K_d \approx 0,06$. Постоянная времени зависит как от вида высеваемой культуры, так и от рабочей длины катушки. Так, для высевающего аппарата сеялки СО-4,2 на высеве моркови постоянная времени T изменяется в пределах от 0,07 до 0,08 с при широком изменении рабочей длины катушки $l_p = 5—25$ мм; при высеве редиса $T = 0,02—0,04$ с.

Основные параметры наральниковых и дисковых сошников стандартизованы. Наральниковые сошники предназначены для работы на выравненных, разрыхленных и мелкокомковатых почвах без крупных растительных остатков. Они изготавливаются с острым или тупым углом входа в почву. Для первого типа сошников (рис. 19, а) стандарт рекомендует: $a = 34^\circ$, $a = 52$ мм или $a = 92$ мм; $b = 42$ мм или $b = 82$ мм. Сошники с тупым углом вхождения выполняются в двух вариантах, с узким литым наральником (рис. 19, б) для мелкой заделки семян трав, льна и др., а также с несколько вытянутым вперед нараль-

Рис. 19. Наральниковые сошники:

а — с острым углом входа в почву; б, в — с тупым углом входа в почву



ником (рис. 19, в). Последний вариант согласно стандартам должен изготавляться в двух исполнениях:

$$l = 210 \text{ мм и } \gamma = 16^\circ;$$

$$l = 140 \text{ мм и } \gamma = 32^\circ.$$

Дисковые сошники имеют более сложное устройство, чем наральниковые, но менее чувствительны к качеству обработки и подготовки почвы. По конструктивному оформлению эти сошники могут быть одно- и двухдисковыми. На сеялках отечественного производства применяются двухдисковые сошники.

Стандартный двухдисковый сошник образован двумя плоскими дисками, установленными под углом ψ друг к другу (рис. 20). Лезвия дисков сходятся в точке m , определяемой углом α наклона радиуса к вертикальному диаметру.

Изготавливаются сошники с двумя значениями углов ψ : для обычного рядового посева $\psi = 10^\circ$; для

узкорядного посева $\psi = 18^\circ$. В последнем случае образуется двойная бороздка с гребешком посередине. У первого типа сошников точка m стыка лезвий дисков определяется углом $\alpha = 50^\circ$, а у второго — $\alpha = 100^\circ$. Конструктивные размеры ψ , l , l_1 , l_2 , l_3 (рис. 20) регламентирует стандарт.

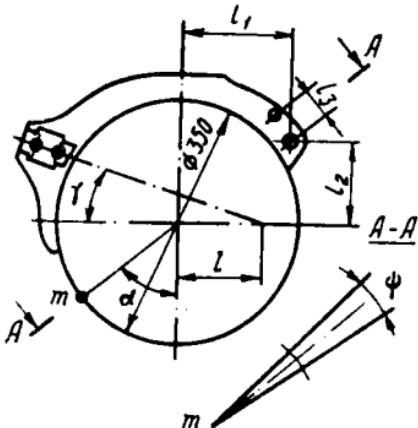


Рис. 20. Дисковый сошник

Как уже отмечалось, изменение глубины заделки семян является случайным процессом $h_3(t)$, который обусловлен не только глубиной хода сошников $h_c(t)$, но и взаимодействием сошника с почвой и главным образом в подсошниковой полости. Процессы осыпания почвы в подсошниковой полости рассмотрены М. Х. Пигулевским еще в 1918 г. и уточнены М. Н. Летошневым [11]. Однако в основу изучения процессов бороздообразования и заделки семян сошником были положены статические модели сошников.

Модель функционирования сошника может быть представлена двумя элементами: собственно сошником 1 (рис. 21) и почвой 2.

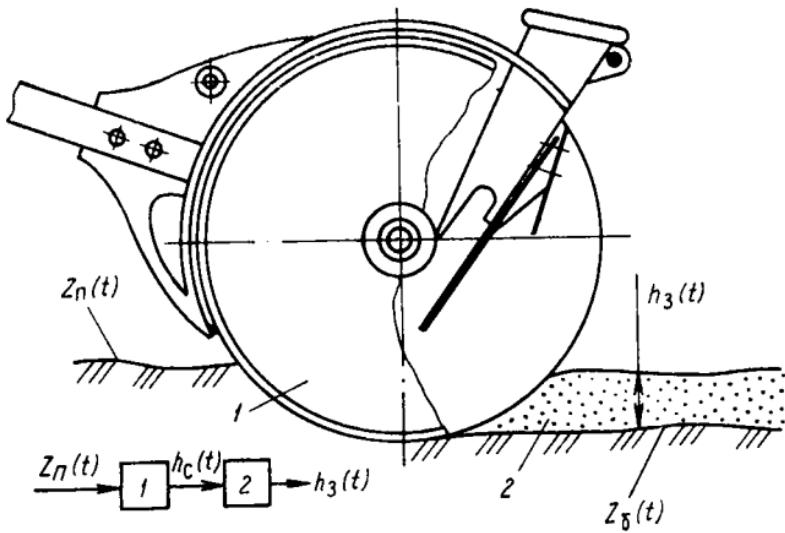


Рис. 21. Модель функционирования дискового сошника

Теоретические и экспериментальные исследования показали, что даже при повышенных скоростях движения сеялки (до 15 км/ч) передаточная функция сошника по каналу $Z_n(t) - h_c(t)$ может быть принята в виде

$$W_z(s) = K_z / (T_2^2 s^2 + T_1 s + 1). \quad (70)$$

Значения постоянных для дисковых сошников зерновой сеялки при скоростях движения 9,5 и 14,9 км/ч оказались равными $K_z = 0,25 - 0,87$, $T_1 = 0,01 - 0,05$ с и $T = 0,05 - 0,07$ с. Из этих данных следует, что сошники сеялки представляют собой колебательные звенья с коэффициентами демпфирования $\rho \ll 1$. Уменьшить колебательные свойства сошников можно главным образом за счет повышения его демпфирующих свойств при взаимодействии с почвой. Если пренебречь малым значением постоянной T_2 , то сошник можно будет считать апериодическим звеном первого порядка.

Расчетные схемы и алгоритмы расчета основных параметров уборочных машин и их рабочих органов. Уборка сельскохозяйственных культур — сложный производственный процесс, состоящий из ряда основных и вспомогательных операций. При интенсивной технологии производства полный цикл уборочных работ должен быть выполнен так, чтобы были обеспечены надежная сохранность всей основной продукции (зерна, корне- и клубнеплодов и др.) и дополнительной (незерновой части урожая, ботвы и др.), а также созданы условия для выполнения последующих операций производства (лущение стерни, подъем зяби и др.). Применительно к зерновым культурам процесс уборки в широком смысле включает следующие процессы:

собственно уборку (на корню);

транспортировку зерна с поля, последующую ее обработку (очистку, сушку, сортирование, закладку на хранение);

сбор и уборку с поля незерновой части урожая (соломы и половы) и подготовку поля к новому циклу производства сельскохозяйственных культур.

Комплексная механизация уборки и предусматривает выполнение указанных подпроцессов комплексами машин и оборудования в лучшие агротехнические сроки и в строгом соответствии с интенсивной технологией производства.

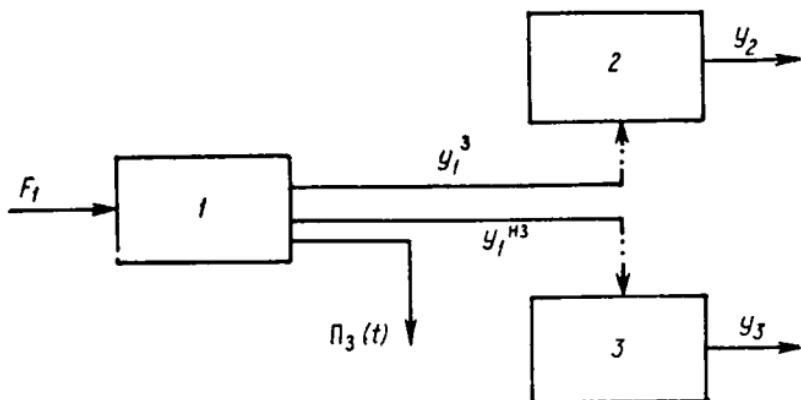


Рис. 22. Модель функционирования технологического процесса уборки зерновых культур

Из вышеизложенного ясно, что для большинства сельскохозяйственных культур модель функционирования технологического процесса уборки можно представить в виде трехэлементного объекта с соответствующими входными и выходными подпроцессами. На рис. 22 такая модель построена для процесса уборки зерновых культур.

Основными входными переменными у элемента 1—подпроцесса уборки на корню в поле—можно принять урожайность Q_p , т/га, зерна и соломы и состояние растительной массы $K_p(t)$ (влажность, засоренность, соотношение зерна и соломы). Эти переменные являются компонентами векторной функции F_1 . На выходе подпроцесса имеем две векторные функции: Y_1^3 характеризует количественно и качественно поток зерна. Ее компонентами являются количество поступающего зерна в бункер $q_{3,6}(t)$ уборочной машины и его состояние $K_{3,6}(t)$ (влажность, засоренность); Y_1^{n3} характеризует количественно и качественно поток незерновой части с компонентами: $q_c(t)$ — количество поступающего из машины незерновой части урожая и $K_c(t)$ — ее состояние.

Кроме того, в результате выполнения подпроцесса будут иметь место и потери зерна $\Pi_3(t)$.

Второй подпроцесс (элемент 2) — послеуборочная обработка зерна — по своей трудоемкости занимает большой удельный вес в общем технологическом процессе уборки зерновых культур. Для элемента 2 вход-

ной векторной функцией будет $Y_1^3 = \{q_3(t), K_3(t)\}$. Выходная векторная функция Y_2 элемента 2 включает количество переработанного зерна $Q_3(t)$, его качество $K_{3,п}(t)$ и отходы $\Pi_{от}(t)$. Отходы $\Pi_{от}(t)$ складываются из потерь основного зерна $\Pi_{3,п}(t)$ и собственно отходов $\Pi'_{от}(t)$.

На входе элемента 3 — подпроцесса сбора и уборки с поля незерновой части урожая — действует векторная функция $Y_1^{из} = \{q_c(t), K_c(t)\}$. Выходная векторная функция Y_3 включает суммарное количество $Q_c(t)$ незерновой части урожая, заложенное на хранение, и количество потерь ее в процессе сбора и уборки с поля.

В модели функционирования технологического процесса уборки не показаны транспортные операции и подпроцесс хранения зерна. При необходимости они могут быть введены в эту модель. Для своевременного выполнения трудоемких подпроцессов, предотвращения потерь и снижения затрат огромное значение имеет комплексная механизация этих подпроцессов в сочетании с поточным методом уборки урожая. Поточный метод уборки по схеме, показанный на рис. 22, характеризуется непрерывностью выполнения всех подпроцессов, строгой их последовательностью, наиболее коротким производственным циклом. Отдельные подпроцессы технологических процессов уборки также можно рассматривать как объекты, преобразующие входные переменные в выходные. Вместе с тем следует отметить, что построение операторов этих моделей и алгоритмизация управления ими затрудняются отсутствием достаточной информации о процессах на их входе и выходах, которые являются случайными в вероятностно-статистическом смысле. Такого же рода модели функционирования могут быть построены для технологических процессов уборки других сельскохозяйственных культур (картофеля, кукурузы, сахарной свеклы и др.).

Технологический процесс любой уборочной машины, выполняющей уборку в поле (подпроцесс 1 на рис. 22), является сложным динамическим объектом.

В частности, для зерноуборочного комбайна расчетная модель может быть представлена в виде схем, показанных на рис. 4. Если рассматривать комбайн только с технологических позиций, то его расчетную

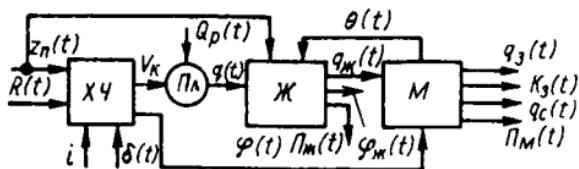


Рис. 23. Блок-схема модели технологического процесса работы зерноуборочного комбайна

модель можно представить (рис. 23) в виде трех элементов (подсистем): ходовой части $XЧ$, жатки $Ж$ и молотилки M . Неуправляемыми входными воздействиями для ходовой части являются профиль поверхности поля $Z_{п}(t)$ и сопротивление $R(t)$; управляемыми воздействиями — угол поворота $\delta(t)$ управляемых колес и передаточное отношение i баридатора ходовой части. Указанные воздействия вызывают колебания $\varphi(t)$ остова молотилки и изменение скорости движения v_k , которое в свою очередь приводит к изменению подачи $q(t)$ растительной массы на жатку. Поэтому в расчетной модели целесообразно выделить дополнительный элемент — поле $Пл$ с входными воздействиями v_k , урожайностью $Q_p(t)$ и выходной переменной $q(t)$. На жатку $Ж$, помимо $q(t)$, поступают воздействия $Z_{п}(t)$ (под опорные башмаки) и $\Theta(t)$, характеризующие влияние молотилки. Выходными переменными для жатки будут количество растительной массы $q_{ж}(t)$, колебания $\varphi_{ж}(t)$ и потери $П_{ж}(t)$. Для молотилки M выходными технологическими переменными будут количество зерна в бункере $q_з(t)$ и его качество $K_з(t)$, количество незерновой части урожая $q_с(t)$ и потери зерна $П_m(t)$. Молотилку в свою очередь можно расчленить на цепочку рабочих органов: молотильный аппарат, соломотряс и систему очистки (см. рис. 4, б).

Могут быть предложены и другие расчетные модели в зависимости от задач расчета, степени учета различных факторов и т. п. Из схемы на рис. 23 видно, что, кроме обычных для молотильных агрегатов входных воздействий $Z_{п}(t)$ и $R(t)$, важнейшими условиями функционирования, определяющими качество технологического процесса уборочной машины и его энергоемкость, являются урожайность $Q(t)$ и состояние растительной массы (зерна и соломы). Для зер-

ноуборочного комбайна они преобразуются в процесс подачи $q(t)$ растительной массы (элемент *Пл* на рис. 23).

Колебания подачи растительной массы неблагоприятно сказываются на работе молотилки. Поэтому одним из основных условий нормальной высокопроизводительной работы зерноуборочных комбайнов является оптимальная и равномерная загрузка рабочих органов молотилки. Технологический расчет рабочих органов комбайна ведут на расчетную подачу, кг/с:

$$q_p = B v_k Q_p / 36, \quad (71)$$

где B — ширина захвата комбайна, м; v_k — скорость движения комбайна, км/ч; Q_p — масса срезаемой растительной массы, т/га.

При работе комбайна на подборе валков $q_p = Q_b v_k$, здесь $Q_b = 0,01 Q_p B_{жк}$ — масса 1 м валка, кг/м; $B_{жк}$ — ширина захвата валковой жатки, м; v_k — скорость комбайна при подборе, м/с.

Пропускная способность комбайна, кг/с, т. е. количество растительной массы, которое может переработать комбайн в единицу времени без снижения качества работы, является переменной величиной и зависит от влажности зерна и соломы, засоренности зерна, относительного содержания зерна в соломе и других факторов. В качестве расчетной подачи растительной массы следует принимать заданную пропускную способность комбайна в кг/с и при выбранной ширине захвата жатки устанавливать, на какой диапазон изменения урожайности зерновых культур рассчитана машина с учетом скорости v_k .

К сожалению, статистических материалов по колебаниям урожайности $Q_p(t)$ и пропускной способности $q(t)$ уборочных машин недостаточно, некоторые данные приведены в работах [2], [8]. Поэтому при выполнении дипломных проектов по механизации уборочных работ следует использовать блок-схемы, изображенные на рис. 4 и 23 для моделирования на ЭВМ технологических процессов уборочных машин.

Алгоритмы расчета и конструирования рабочих органов уборочных машин базируются на статических моделях технологических процессов этих машин с учетом данных испытаний [1], [4], [5], [8]. Эти алгоритмы в основном включают:

выбор и обоснование параметров рабочих органов жаток;

расчет параметров рабочих органов молотилки;

выбор и обоснование параметров привода рабочих органов;

выбор и обоснование параметров регулирующих устройств.

При наличии информации о процессах на входе и выходе моделей функционирования уборочных машин и их рабочих органов могут быть рассмотрены и динамические характеристики машин как колебательных систем.

Выбор и обоснование параметров рабочих органов жаток базируются на элементарных статических и кинематических моделях, а также на установленных нормативах (стандартах) для выбора (расчета) размеров и режимов работы режущих аппаратов, мотовила и транспортирующих устройств.

Режущие аппараты уборочных машин классифицируют по различным признакам. По принципу резания различают аппараты с подпором стеблей в момент среза (рез по принципу ножниц) и аппараты бесподпорного среза. В большинстве современных уборочных машин (косилок, жаток и др.) используются аппараты первого типа. Ко второму типу относятся ротационные режущие аппараты, у которых ножи совершают вращательное движение в вертикальной или горизонтальной плоскостях. Эти аппараты имеют в настоящее время ограниченное применение в некоторых типах косилок.

Типы и параметры режущих аппаратов стандартизованы. Поэтому при проектировании выбирают по ГОСТ 214—83 соответствующий тип аппарата и рассчитывают для заданных условий работы некоторые его технологические характеристики. К числу таких характеристик относятся:

рабочие скорости резания;

теоретический график абсолютного движения лезвия сегментов;

графики изменений составляющих абсолютной скорости ножа вдоль лезвия.

По этим характеристикам выбирают режим работы режущего аппарата — подачу h_n и частоту вращения вала кривошипа. Соответствующие соотношения

для расчета приведены в учебниках и учебных пособиях.

Мотовило (планчатое, эксцентриковое, универсальное, копирующее) является важным рабочим органом любой жатки. Правильная совместная работа мотовила и режущего аппарата обеспечивает наименьшие потери срезанных стеблей. При выбранных конструктивных параметрах мотовила рассматривают диапазон регулирования положения оси мотовила по высоте и по горизонтали.

Транспортирующие устройства жаток имеют различное конструктивное оформление. В валковых жатках в качестве транспортирующих устройств используют полотенно-планчатые и ременные транспортеры, которые перемещают срезанную растительную массу в направлении, перпендикулярном движению машины, и сбрасывают ее через выбросное окно на поле в виде валка. В зерноуборочных комбайнах срезанная растительная масса транспортируется к молотильному аппарату шнеками (правым и левым), пальчиковым механизмом и цепочно-планчатым наклонным (плавающим) транспортером. При этом имеет место сужение потока растительной массы от ширины захвата жатки до ширины приемной камеры молотилки.

В силу неравномерности урожайности Q_p растительной массы на одном и том же поле, а также специфики образования валка транспортерами валковых жаток (переменная толщина слоя массы на транспортерах) параметры валка [ширина $B_v(L)$] и количество растительной массы в 1 м его длины мощность $q_v(L)$ являются переменными и имеют статистическую природу. На стадии проектирования толщину слоя растительной массы на транспортере рассчитывают при условии, что масса располагается на транспортере так, как показано на рис. 24.

Для расчета толщины слоя h_t растительной массы в месте ее сброса в окно (рис. 24, а) или на поле (рис. 24, б) предложена формула

$$h_t = v_m L_t \delta K / v_t, \quad (72)$$

где v_m — поступательная скорость жатки, м/с; v_t — скорость транспортера, м/с; L_t — расстояние от полевого делителя до места сброса массы [при сбросе на поле L_t равно ширине захвата жатки B ; при сбросе в окно $L_t' = B - (L_t + L_0)$]; δ — коэффициент, характеризующий густоту стеблестоя (для зерновых культур

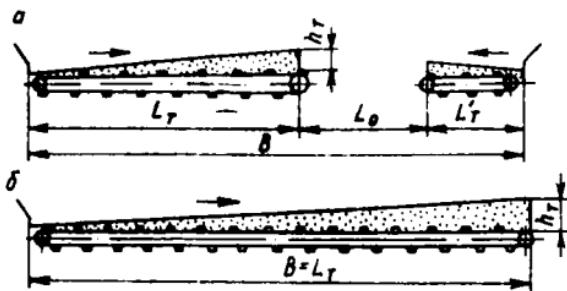


Рис. 24. К определению толщины слоя растительной массы на транспортере валковой жатки в месте сброса ее в окно (а) или на поле (б)

рекомендуют $\delta = 0,004 - 0,006$; K — коэффициент, характеризующий рыхлость массы на транспортере (для зерновых культур $K = 7 - 12$ при длине срезаемых стеблей 60—80 см).

Из формулы (72) имеем

$$v_t = v_m L_t \delta K / h_t. \quad (73)$$

В современных валковых жатках линейные скорости транспортеров составляют 2,1—2,7 м/с.

При компоновке рабочих органов жатки важно обеспечить такое взаимное расположение транспортера и мотовила, чтобы планки в крайнем заднем положении мотовила не задевали комлевую часть стеблей на транспортере.

Параметры и режимы работы шнеков и плавающего транспортера жатки зерноуборочного комбайна выбирают на основании опытных данных, но при этом должна быть обеспечена равномерная подача растительной массы в молотилку. В большинстве отечественных и зарубежных комбайнов наружный диаметр спиралей шнеков составляет 460—525 мм, шаг спиралей — 445—500 мм, окружная скорость витков — 4,8—5,75 м/с, а осевая — 1,1—1,65 м/с. Окружная скорость концов планок плавающего транспортера обычно несколько больше (на 25—40 %), чем наибольшая окружная скорость концов пальцев пальчикового механизма.

Алгоритмы расчетов параметров молотилок зерноуборочных комбайнов включают определение размеров и режимов работы молотильного аппарата, соломотряса и воздушно-решетной очистки. Однако несмотря на длительность использования классиче-

ских схем молотилок комбайнов основные параметры рабочих органов устанавливаются опытно-конструкторским путем на основе наблюдения за их работой в разных условиях уборки и многочисленных экспериментальных данных. Основные соотношения и зависимости для расчета приведены в учебной и специальной литературе [4], [5], [8], [9].

Алгоритм расчета параметров молотильных аппаратов (по выбранной конструктивной схеме) следующий:

1. Вычисляют удельную пропускную способность $q_{уд}$, кг/с, на единицу длины планки бильного молотильного барабана или на 1 зуб зубового барабана:

$$q_{уд} = q_p / (l_b M) \quad (74)$$

и

$$q_{уд} = q_p / z_b, \quad (75)$$

где q_p — расчетная пропускная способность молотилки, кг/с; l_b — длина барабана, дм; M — число бил; z_b — число зубьев на барабане.

По некоторым данным $q_{уд}$ для бильного барабана должна составлять 0,025—0,035 кг/с на 1 дм длины определенного типа, для зубового барабана — 0,020—0,025 мг/с на 1 зуб для средних условий уборки.

2. Вычисляют частоту v_b и период Δt ударов по растительной массе, поступающей в зазор между барабаном:

$$v_b = M v_b / (\pi d_b) \quad (76)$$

и

$$\Delta t = 1/v_b = 60 / (M n_b), \quad (77)$$

где M — число бил; v_b — окружная скорость барабана по концам бил (зубьев), м/с; n_b — частота вращения барабана, мин⁻¹; d_b — диаметр барабана, мм.

Полученные значения v_b или Δt следует сравнить со значениями этих показателей у молотильных аппаратов современных комбайнов. Частота вращения барабана n_b при выбранном его диаметре d_b обусловлена окружной скоростью v_b , обеспечивающей высококачественный обмолот. Для обмолота зерновых культур с различной влажностью $v_b = 25—32$ м/с, а бобовых культур и подсолнечника — $v_b = 12—15$ м/с. В современных зерноуборочных комбайнах предусматривают бесступенчатое регулирование частоты вращения барабана от $n_{b_{min}}$ до $n_{b_{max}}$, что позволяет получить широкий диапазон окружных скоростей v_b .

3. Вычисляют теоретический расход мощности на работу молотильного аппарата. Общая мощность N , требуемая для работы аппарата, равна

$$N = N_0 + N_c, \quad (78)$$

где N_0 — мощность, расходуемая только на процесс обмолота; N_c — мощность, расходуемая на преодоление вредных сопротивлений (трение в подшипниках, сопротивление воздуха).

По В. П. Горячкину

$$N_0 = q_p v^2 b / (1 - f), \quad (79)$$

где f — коэффициент, характеризующий свойства растительной массы и молотильного аппарата.

При расчетах принимают: для бильных барабанов $f = 0,65 - 0,75$; для зубовых $f = 0,7 - 0,8$.

По М. А. Пустыгину

$$N_c = A\omega + B\omega^3. \quad (80)$$

Первый член этой формулы отражает потери на трение, а второй — на преодоление сопротивления воздуха. Коэффициенты A и B имеют следующие значения:

для бильного барабана $A = 0,3 - 0,4 \text{ Н}\cdot\text{м}$ и $B = (0,8 - 0,9) 10^{-3} \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^2$;

для зубового барабана $A = 3 - 4 \text{ Н}\cdot\text{м}$ и $B = (0,5 - 0,6) 10^{-3} \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^2$.

С учетом выражений (79) и (80) получим

$$N = q_p v^2 b / (1 - f) + A\omega + B\omega^3. \quad (81)$$

В реальных условиях мощность, расходуемая на работу молотильного аппарата, имеет статистическую природу и будет переменной из-за действия многочисленных факторов и в первую очередь переменной фактической подачи растительной массы $q_p(t)$.

О характере изменения мощности N можно судить по экспериментальным значениям крутящего момента M_{kp} на валу молотильного барабана, так как

$$N = M_{kp}\omega. \quad (82)$$

Подставив значение N в выражение (81), получим

$$M_{kp} = q_p v^2 b / [(1 - f)\omega] + A + B\omega^2. \quad (83)$$

Экспериментальные данные показывают значительную изменчивость процесса $M_{kp}(t)$. Так, по данным испытаний комбайнов [8], на подборе валков пшеницы со средней подачей $m_q = 4,5 \text{ кг/с}$ числовые характеристики процесса $M_{kp}(t)$ составляли: средние

значения $m_m = 142-188$ Н·м; средние квадратические отклонения $\sigma_m = 77-80$ Н·м; коэффициенты вариации $V_m = 42-54\%$. Основная доля дисперсии приходилась на диапазон частот $2-10$ с $^{-1}$.

Соломотряс выделяет из грубого вороха зерно, а незерновые компоненты выводят из молотилки. При расчетах устанавливают размеры соломотряса (клавищного).

Ширина соломотряса B_c обусловлена длиной l_b молотильного барабана. При конструировании схемы молотилки принимают обычно $B_c \approx l_b$ при работе с бильным барабаном и $B_c \approx (1,4-1,6)l_b$ при работе с зубовым барабаном.

Что касается длины соломотряса L_c , то при выбранном значении L_c можно вычислить примерное усредненное значение коэффициента сепарации

$$\mu = \frac{1}{L_c} \ln \frac{100-b}{\Pi_{c, \text{доп}}}, \quad (84)$$

где b — количество зерна, выделенного декой молотильного аппарата, %; $\Pi_{c, \text{доп}}$ — допускаемое значение потерь чистого зерна соломотрясом.

В соответствии с агротехническими нормами общие потери чистого зерна за молотилкой не должны превышать 1,5 %. Считают, что на долю соломотряса приходится около 85 % всех потерь зерна за молотилкой. Поэтому $\Pi_{c, \text{доп}} = 0,85 \cdot 1,5 = 1,25$ %.

Значения коэффициента сепарации обусловлены многочисленными случайными факторами и колеблются в широких пределах. По некоторым данным $\mu \approx 0,6-1,8$ м $^{-1}$.

Системы очистки зерноуборочных комбайнов выполнены по примерно единой технологической схеме (рис. 25, a). Решета обычно с регулируемым живым сечением (жалюзийные), а вентилятор центробежного типа. Взаимное расположение выходного канала и верхнего решета должно быть таким, чтобы поток воздуха обрабатывал решето по всей длине L_p решета.

Если верхняя кромка канала расположена примерно на уровне решета и на расстоянии a от него, то высота канала S должна быть равна

$$S = \frac{(L_p + a) \sin(\delta - \beta)}{\cos \beta + K_0 \sin(\delta - \beta)}, \quad (85)$$

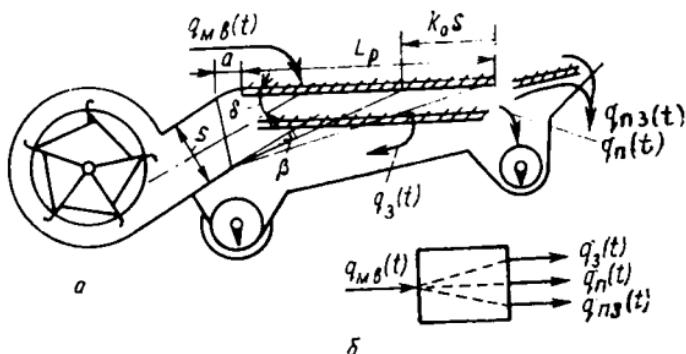


Рис. 25. Технологическая (а) и функциональная (б) схемы системы очистки зерноуборочного комбайна

где δ — угол наклона воздушного потока к плоскости решета ($\delta=25-30^\circ$); β — угол расширения струи ($\beta=12-16^\circ$); $K_0=0,5-0,6$ — коэффициент, учитывающий отклонение воздушного потока решетом.

В силу сложности процесса взаимодействия воздушного потока и мелкого вороха, поступающего на решето, а также изменения подачи $q_{\text{м.в}}$ мелкого вороха и его состояния размеры решет и конфигурацию пространства для работы воздушного потока устанавливают на основе экспериментальных данных и многолетнего опыта конструирования и испытания систем очистки.

Уравнение материального баланса вороха в системе очистки

$$q_{\text{м.в}}(t) = q_3(t) + q_{\text{п.з}}(t) + q_{\text{п}}(t); \quad (86)$$

где $q_3(t)$, $q_{\text{п.з}}(t)$ и $q_{\text{п}}(t)$ — три выходных потока: зерна, потерь свободного зерна и вороха, идущего на повторный обмолот (рис. 25, б).

К сожалению, данные по действительному характеру изменения $q_{\text{м.в}}(t)$ и всех выходных потоков очистки в условиях нормального функционирования комбайна отсутствуют. Конструирование и расчет элементов системы очистки ведут по расчетной подаче вороха $q_{\text{м.в}}^p$, поступающего на очистку, причем

$$q_{\text{м.в}}^p = q_p \beta / \beta_v; \quad (87)$$

где β — относительное содержание зерна в растительной массе q_p ; β_v — относительное содержание зерна в мелком ворохе $q_{\text{м.в}}^p$ (для расчетов принимают $\beta_v=0,75-0,90$).

При выбранных размерах решета длиной L_p и шириной B_p вычисляют удельную нагрузку $q_{\text{м.в}}^{\text{уд}}$ на 1 м² площади решета:

$$q_{\text{м.в}}^{\text{уд}} = q_{\text{м.в}}^{\text{p}} / (L_p B_p). \quad (88)$$

Считают, что очистка работает нормально, если $q_{\text{м.в}}^{\text{уд}} = 1,5—2,5$ кг/с на 1 м² решета.

Расчетные модели и технологические расчеты машин для послеуборочной обработки зерна. В общем технологическом процессе уборки зерновых культур большой удельный вес по трудоемкости занимает подпроцесс послеуборочной обработки зерна. Основными задачами послеуборочной обработки зерна являются доведение зерна до требуемой чистоты и влажности, а также обеспечение оптимальных условий для послеуборочного дозревания.

Для своевременного выполнения трудоемких операций послеуборочной обработки зерна, предотвращения потерь и снижения затрат огромное значение имеет механизация этих работ в сочетании с поточным методом уборки урожая. Этот метод и поточные линии послеуборочной обработки зерна характеризуются непрерывностью всех стадий технологического процесса, строгой их последовательностью и наиболее коротким производственным циклом. В поточных линиях как объектах управления имеются и наиболее благоприятные условия для внедрения средств автоматики.

Комплекс основных и вспомогательных машин и оборудования зерноочистительной и зерноочистительно-сушильной производственных линий определяется условиями уборки, производительностью линии (пункта) и другими факторами. В связи с большим разнообразием природно-климатических условий районов страны и размеров посевных площадей механизированные пункты и поточные линии в хозяйствах различаются по технологическому процессу обработки зерна и по пропускной способности.

Технологический процесс послеуборочной обработки определяется главным образом состоянием свежеубранного зерна и его назначением. В районах страны с теплым сухим климатом зерно имеет влажность, незначительно превышающую кондиционную. Для этих районов используют механизированные зерноочисти-

тельные агрегаты и пункты. В районах с повышенной влажностью воздуха и с холодным уборочным периодом влажность зерна значительно превышает кондиционную и достигает в среднем 22—35 % и более. В этом случае применяется искусственная сушка, и для выполнения всего комплекса операций послеуборочной обработки зерна конструируют зерноочистительно-сушильные комплексы и пункты.

В зерноочистительных агрегатах и линиях технологический процесс обработки зерна осуществляется по следующей схеме:

взвешивание и контроль качества свежеубранного зерна;

предварительная его очистка;

окончательная очистка;

взвешивание очищенного зерна и контроль его качества;

погрузка в транспортные средства и складирование.

Технологический процесс обработки зерна в зерноочистительно-сушильной линии включает следующие основные операции:

взвешивание и контроль качества сырого зерна;

первичную обработку сырого зерна (очистку, вентилирование и др.);

сушку;

вторичную очистку (сухого зерна);

сортирование зерна (для семенного материала);

взвешивание сухого зерна и контроль его качества;

погрузку в транспортные средства и складирование.

В зависимости от состояния исходного зернового материала и его назначения предусматривают и дополнительные операции в подпроцессе послеуборочной обработки зерна: активное вентилирование в бункерах или на площадках, повторные пропуски через сушилку, пропаривание и др.

Системой машин для комплексной механизации работ в растениеводстве предусмотрена широкая номенклатура агрегатов, комплексов и другого оборудования для послеуборочной обработки и хранения свежеубранного зерна (продовольственного, фуражного и семенного).

Основными зерноочистительными агрегатами для обработки продовольственного зерна являются агрегаты типа ЗАВ производительностью 20, 40 т/ч и более. Выпускаются и другие агрегаты для очистки и сортирования продовольственного и семенного зерна пшеницы, ржи, ячменя и других сельскохозяйственных культур. Агрегаты типа ЗАВ рассчитаны на обработку материала со средней влажностью до 16 %.

Основным зерноочистительно-сушильным комплексом является комплекс типа КЗС с шахтными и барабанными сушилками различной производительности (10, 20, 40 т/ч и более). Для обработки семенного материала предусматриваются семеноочистительные приставки различной производительности.

В качестве транспортирующих устройств в агрегатах и комплексах используются ковшовые, скребковые и шнековые транспортеры. Агрегаты и комплексы оборудованы пультами и станциями для дистанционного управления машинами и оборудованием, выполненные в виде пыленепроницаемых шкафов. Внутри шкафов на панелях смонтирована аппаратура управления и контроля за работой узлов агрегата или комплекса (включатели, рубильники, реле, магнитные пускатели и др.).

Однако у всех агрегатов и комплексов отсутствуют устройства автоматического контроля и управления качеством технологических процессов очистки и сортирования, а также сушки зерна.

После первичной обработки на зерноочистительной машине зерно поступает в приемную головку загрузочного транспортера (нории) сушилки. Высушенное зерно направляется в охладительные колонки, а после охлаждения — в приемную головку загрузочного транспортера (нории) машины вторичной очистки. После очистки и сортирования (при необходимости) зерно транспортируется к хранилищам. В зависимости от состояния исходного зернового материала в технологических схемах комплексов предусмотрено несколько вариантов его обработки: параллельная или последовательная работа сушилок и их секций (в шахтных сушилках), повторная сушка (при высокой влажности зерна).

Технологические процессы послеуборочной обработки зерна в комплексах и агрегатах протекают в

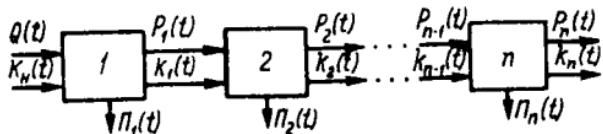


Рис. 26. Схема поточной линии послеуборочной обработки зерна

условиях непрерывного изменения входных воздействий, имеющих статистическую природу. Особенности процессов послеуборочной обработки зерна дают возможность представить поточную линию в виде многостадийной динамической системы, состоящей из отдельных элементов (стадий) преобразования потока зерна и его транспортирования (рис. 26). Число элементов ($1, 2, \dots, n$) зависит от назначения линии, ее пропускной способности, типа основного и вспомогательного оборудования и т. д.

В качестве входных воздействий приняты нагрузка (подача) $Q(t)$ и качество зерна $K_{ii}(t)$ (засоренность, влажность и др.). Выходными переменными для каждого элемента будут количество $P_i(t)$ переработанного зернового материала, его качество $K_i(t)$ и отходы $\Pi_i(t)$. Для всей поточной линии выходными будут переменные на выходе n -го элемента — производительность $P_n(t)$ и качество конечного продукта $K_n(t)$ (засоренность, влажность и др.). Отходы $\Pi_i(t)$ для каждого элемента складываются из потерь основного зерна $\Pi_{iz}(t)$ и собственно отходов $\Pi_{io}(t)$.

К сожалению, информация о процессах на входе и выходе элементов линий послеуборочной обработки зерна весьма ограничена. Вместе с тем при дипломном проектировании можно предусмотреть сбор такой информации на преддипломной практике. Важно получить информацию о качестве зернового материала, поступающего для послеуборочной обработки, и конечного продукта на выходе.

Обычно при расчетах качество зернового материала, поступающего на обработку, оценивают средними значениями засоренности, влажности и т. д., полученными в результате анализа небольшого количества проб. При этом не учитывают динамику изменения качества в потоке. Аналогично в технических заданиях и агротехнических требованиях не учитывают вероятностный характер показателей качества на всех ста-

диях послеуборочной обработки зернового материала. Так, согласно ГОСТ 5888—74 на зерноочистительные машины общего назначения номинальная производительность машин для обработки пшеницы устанавливается в зависимости от следующих показателей качества: объемной массы ($760 \text{ кг}/\text{м}^3$) примесей и влажности. При этом номинальная (расчетная) производительность должна быть обеспечена для машины предварительной очистки при содержании примесей до 15 % и влажности до 20 %; для машин первичной очистки — соответственно до 10 и 15 %; для машин вторичной очистки — до 3 и 15 %. Если же фактическая засоренность и влажность исходного материала (пшеницы) выше этих норм, то номинальная производительность машин уменьшается на 2 % на каждый процент повышения засоренности и на 5 % на каждый процент увеличения влажности. Для других культур номинальную производительность рекомендуется определять по коэффициентам эквивалентности K_e . Так, для ржи, ячменя и овса значения K_e равны соответственно 0,9; 0,8; 0,7.

Обычно дипломные проекты по механизации послеуборочной обработки зерна разрабатываются для конкретных хозяйств. Поэтому модели функционирования машин и комплексов должны учитывать технологию производства зерна в хозяйстве и ее развитие в перспективном плане.

Исходным показателем для построения расчетной модели функционирования линии послеуборочной обработки зерна является пропускная (проектная) способность, которая устанавливается по перспективному плану развития хозяйства (число и наименование культур, площади посева, урожайность).

Расчет основного и вспомогательного оборудования ведут по наибольшему вероятному суточному поступлению зерна $G_{c\max}$. В связи с неравномерным поступлением зерна на обработку и возможными остановками основного оборудования вместимости бункеров, предназначенных для приема зерна, сбора и временного хранения до и после сушки, для отлежки зерна и т. д., должна обеспечивать выравнивание потоков зернового материала $P_i(t)$.

Основным оборудованием являются зерноочистительные машины и агрегаты, зерносушилки, а вспомо-

гательным — транспортирующие устройства (элеваторы, шнеки), бункера для сырого и сухого зерна, оборудование для активного вентилирования, устройства и приборы для управления и контроля процессов обработки зернового материала.

В соответствии с заданием на дипломное проектирование объектом для конструкторской разработки могут служить как основное оборудование и их рабочие органы, так и любой элемент вспомогательного оборудования.

Расчетная модель технологического процесса зерноочистительной машины общего назначения (для очистки и сортирования семян зерновых, зернобобовых и технических культур) предусматривает в общем случае обработку зернового материала воздушным потоком, на решетных сепараторах и триерах. Наблюдается тенденция конструирования воздушно-решетных машин и отдельно блоков триеров с использованием последних для обработки главным образом семенного материала.

Воздушная система любой зерноочистительной машины включает вентилятор, каналы, осадочные камеры, пылеотделители. Расчет параметров системы для выбранной расчетной модели (типа вентиляторов, расположение каналов и т. п.) заключается в выборе скоростей воздушного потока, установлении площади сечения каналов, определении расхода воздуха V_b и давления h . По этим данным подбирают вентилятор с соответствующей аэродинамической схемой.

Скорость воздушного потока и выбирают по характеристикам распределения критических скоростей u_s компонентов зерновой смеси. Для отделения легковесных семян в канале предварительной очистки скорость u_1 потока должна быть $u_1 \leq u_{s_{\min}}$, где $u_{s_{\min}}$ — наименьшая критическая скорость основного зерна; при нормальном распределении $u_{s_{\min}} = m_u - 3\sigma_u$, причем m_u — средние значения критической скорости, а σ_u — среднее квадратическое отклонение. При наличии в схеме второго канала скорость воздуха u_2 в нем должна быть несколько выше u_1 для отделения щуплых зерен основной культуры.

Площади сечения каналов F_i , м^2 , устанавливают по конструктивной схеме машины, а при расчете вы-

числяют удельную нагрузку $q_{уд}$, кг/с, на 1 м² сечения, т. е.

$$q_{уд} = q_i / F_i, \quad (89)$$

где q_i — подача зернового материала, кг/с.

По некоторым данным, при обработке зерновых культур значения $q_{1уд}$ в первом канале должны быть 3,5—4,0 кг/с для пшеницы и ржи и 2,5—3,0 кг/с для ячменя и овса; во втором канале — $q_{2уд} \approx 1,8$ —2,0 кг/с для пшеницы и ржи и $q_{2уд} \approx 1,3$ —1,5 кг/с для овса. Расход воздуха в каналах рассчитывают по формуле

$$V_{bi} = \mu F_i u_i, \quad (90)$$

где $\mu = 0,6$ —0,65 — коэффициент, учитывающий неравномерность потока по сечению.

Давление h в каналах воздушной системы складывается из динамического h_d и статического h_s , причем $h_d = 0,5 \rho u^2$, где ρ — плотность воздуха. Статическое давление определяет потери на трение в каналах h_{tr} и на местные сопротивления ($h_{m.c.}$), т. е. $h_s = h_{tr} + h_{m.c.}$

Потери давления h_{si} на преодоление любых сопротивлений пропорциональны динамическому давлению h_d :

$$h_{si} = \xi_i h_d = 0,5 \xi_i \rho u^2. \quad (91)$$

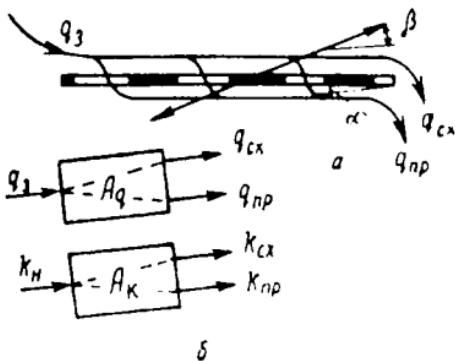
Значения коэффициентов сопротивления ξ_i приведены в справочниках [10].

Решетные сепараторы зерноочистительных машин унифицированы и состоят обычно из четырех решет: разгрузочного B_1 , разделяющего поток зернового материала на две части; колосовых B_2 , отделяющих крупные примеси; подсевного B — для отделения мелких примесей; сортировального Γ — для выделения мелких и щуплых зерен (фураж). При дипломном проектировании могут быть предложены и другие схемы.

Любое плоское необдуваемое решето, имеющее отверстия различных форм и размеров, с наклоном $\alpha < \phi$ (рис. 27, а) к горизонту (ϕ — угол трения зерна о поверхности решета) совершает в общем случае направленные (под углом β к горизонту) колебания. Поступающий на решето материал в количестве q_3 разделяется на две фракции: сходовую $q_{сх}$ и проход-

Рис. 27. Принципиальная (а) и функциональная (б) схемы работы плоского решета

довую $q_{\text{пр}}$, так что $q_3 = q_{\text{пр}} + q_{\text{сх}}$. При этом качественные характеристики материала меняются. Если исходный материал по засоренности и гранулометрическому составу оценить входным показателем K_n , то во фракциях получим преобразованное решетом качество материала: в сходовой — $K_{\text{сх}}$, в проходовой — $K_{\text{пр}}$.



Несмотря на значительное число исследований, проведенных с целью изучения процесса сепарации зерновых смесей в решеточных сепараторах, до сих пор нет достаточно удовлетворительной модели этого процесса, по которой можно было бы прогнозировать количественные и качественные характеристики получаемых фракций ($q_{\text{пр}}$, $K_{\text{пр}}$, $q_{\text{сх}}$, $K_{\text{сх}}$).

В общей постановке задача построения модели рабочего процесса разделения зерновой смеси может быть сформулирована следующим образом. Заданы параметры решета и режим его работы (размеры решета, форма и размеры отверстий, частота и амплитуда колебаний), а также характеристика исходного материала K_n . По этим данным для заданной подачи материала q_3 требуется установить количественные и качественные характеристики проходовой и сходовой фракций. Если учесть, что в количественной и качественной моделях процесса сепарации (рис. 27, б) входные (q_3 , K_n) и выходные ($q_{\text{пр}}$, $q_{\text{сх}}$, $K_{\text{пр}}$, $K_{\text{сх}}$) переменные имеют статистическую природу и являются случайными процессами, то задача построения модели сепарации сводится к определению соответствующих операторов A_q и A_K для проходовой и сходовой фракций:

$$\left. \begin{aligned} q_i(t) &= A_q[q_3(t)]; \\ K_i(t) &= A_K[K_n(t)]. \end{aligned} \right\} \quad (92)$$

Структура операторов A_q и A_K устанавливается идентификацией моделей. В качестве операторов мо-

гут быть использованы и уравнения регрессии. Исходная информация для идентификации может быть получена при экспериментальных исследованиях (НИРС).

При отсутствии такой информации расчет процесса сепарации, выбор и обоснование параметров и режима работы решет ведут на основе ряда допущений с учетом опыта эксплуатации.

Решета подбирают по различным характеристикам компонентов зерновой смеси так, как это выполнено в примере курсовой работы. Аналогично определяются размеры решет. Вместе с тем для уже разработанной конструктивной схемы с установленными размерами решет полезней вычислить фактические удельные нагрузки подачи в кг/с на единицу площади решета и сравнить эти нагрузки с допускаемыми.

Обоснование и расчет параметров зерносушилок. Современные зерноочистительно-сушильные комплексы снабжаются сушилками двух типов — шахтными с коробами (СЗШ) и барабанными (СЗБ). Оба типа сушилок работают на смеси топочных газов с воздухом, причем подача теплоносителя и воздуха осуществляется искусственной тягой.

В соответствии с техническими условиями и агротехническими требованиями сушилки должны обеспечивать сушку семенного, продовольственного и фуражного зерна с сохранением и улучшением его качественных показателей: хлебопекарных качеств — для продовольственного зерна и посевных (всходжести, энергии прорастания) — для семенного.

Сушилки СЗШ должны обеспечивать сушку зерна с начальной влажностью до 30 % с содержанием в нем крупных и соломистых примесей не более 0,5 %. Сушилки СЗБ рассчитаны на сушку зерна с любой начальной влажностью и засоренностью. Для сохранения продовольственных и семенных качеств зерна температура нагрева продовольственного зерна не должна превышать 55 °С, а семенного 45 °С; допуск на предельные отклонения температуры нагрева зерна установлен для шахтных сушилок $\pm 7,5$ °С, а для барабанных сушилок ± 5 °С. После сушки зерно должно быть охлаждено до температуры не выше 25 °С и не ниже 5 °С. При температуре наружного воздуха более 15 °С температура охлажденного зерна не долж-

Рис. 28. Расчетная схема зерносушилки

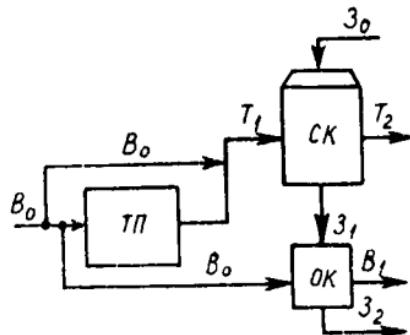
на превышать температуру воздуха более чем на 10 °С.

Алгоритм расчета зерносушилки включает теплотехническую и конструкторскую части. При теплотехническом расчете на основе материального и теплового балансов вычисляют количество влаги, подлежащей удалению, расход воздуха или теплоносителя, расход теплоты и топлива.

Расчет конструкции, учитывая опыт эксплуатации сушилок, дает возможность определить основные параметры топки, сушильной и охладительной камер. Так же рассчитывают или подбирают остальное оборудование (выпускной аппарат, вентиляционную систему и др.).

Теплотехнический расчет ведут по расчетной схеме (рис. 28), включающей топку *ТП*, сушильную камеру *СК* и охладительную колонку *ОК*. Состояние воздуха или теплоносителя определяется векторами *B* и *T* соответственно, каждый из которых включает четыре параметра: температуру *t*, относительную влажность *φ*, влагосодержание *d* и энталпию *i*. Причем на входе в топку или охладительную камеру состояние наружного воздуха определяется вектором $B_0 = \{t_0, \varphi_0, d_0, i_0\}$. После сгорания топочных газы смешиваются с воздухом и образуют теплоноситель, состояние которого на входе в сушильную камеру определяется вектором $T_1 = \{t_1, \varphi_1, d_1, i_1\}$. После сушильной камеры состояние отработавшего теплоносителя определяется вектором $T_2 = \{t_2, \varphi_2, d_2, i_2\}$. Состояние воздуха после охладительной камеры характеризуется вектором $B_1 = \{t_1, \varphi_1, d_1, i_1\}$.

Зерно как объект сушки характеризуют тремя параметрами: массой *G*, температурой *t_z* и влажностью *w*. На входе в *СК* начальное состояние зерна определяется вектором $Z_0 = \{G_0, t_{z0}, w_0\}$, после *СК* — вектором $Z_1 = \{G_1, t_{z1}, w_1\}$ и после *ОК* — вектором $Z_2 = \{G_2, t_{z2}, w_2\}$. Основой расчета является предпосылка, что масса



сухого вещества (зерна) и масса сухого воздуха (или сухого теплоносителя) в процессе сушки остаются постоянными.

Расчет процесса сгорания топлива в топке ведут по удельной теплоте сгорания топлива. Низшая удельная теплота сгорания $Q_{\text{нр}}$ для жидкого топлива (мазут, моторное топливо) составляет 40 770—41 740 кДж/кг, для твердого топлива — значительно меньше (древа — 11 300 кДж/кг, кусковой торф — 10 720 кДж/кг, рядовой уголь — 12 015 кДж/кг).

Количество воздуха (масса) для сгорания 1 кг топлива вычисляют по формуле

$$L_{\text{в}} = \alpha L_{\text{в0}}, \quad (93)$$

где $L_{\text{в0}}$ — теоретическое количество воздуха, необходимого для сгорания 1 кг топлива; приближенно можно принять $L_{\text{в0}} \approx 14,2 \cdot 10^{-4} Q_{\text{нр}}$; $\alpha \approx 1,5—2,5$ — коэффициент избытка воздуха; для жидкого топлива $\alpha \approx 1,2—1,7$.

Компоненты вектора состояния наружного воздуха принимают: для зимних условий $t_0 = -15^{\circ}\text{C}$ и $\phi_0 \approx 70\%$; для летних условий $t_0 = 15^{\circ}\text{C}$ и $\phi_0 = 80\%$. Значения d_0 и i_0 определяют по известной $i-d$ -диаграмме для заданных условий состояния атмосферного воздуха.

Количество влаги w , подлежащей удалению в сушильной камере, вычисляют по изменению массы зерна в результате сушки. Если в сушилку поступает зерно массой G_0 , кг/ч, а после сушки масса его G_1 , кг/ч, то

$$w = G_1 - G_0. \quad (94)$$

Так как масса G_c сухого вещества остается постоянной, то при влажности зерна до сушки w_0 и после сушки w_1 , %, будем иметь

$$G_1 = \frac{1 - 0,01w_0}{1 - 0,01w_1} G_0 \quad (95)$$

и

$$w = \frac{w_0 - w_1}{100 - w_1} G_0. \quad (96)$$

Относительная убыль δ массы зерна, %, в результате сушки (усушка) будет

$$\delta_0 = 100w/G_0. \quad (97)$$

Расход теплоносителя определяют по балансу влаги. Общее количество влаги в сушилке $w_{\text{сш}}$ складывается из влаги в зерне и влаги теплоносителя $w_{\text{тн}}$, т. е.

$$\text{или} \quad w_{\text{сш}} = w_3 + w_{\text{тн}}; \quad (98)$$

$$w_{\text{сш}} \approx 0,01 w_0 G_0 + 0,001 L_{\text{тн.с}} d_1, \quad (99)$$

где $L_{\text{тн.с}}$ — подача сухого теплоносителя в сушилку, кг/ч.

Расход сухого теплоносителя $l_{\text{тн.с}}$ на 1 кг удаленной влаги будет

$$l_{\text{тн.с}} = \frac{L_{\text{тн.с}}}{w} = \frac{1000}{d_2 - d_1}. \quad (100)$$

Расход теплоты на сушку зерна определяется из уравнения теплового баланса. В сушилку поступает теплота Q_{30} с зерном и $Q_{\text{т1}} = L_{\text{тн.с}} i_1$ с теплоносителем. Из сушилки уходит теплота Q_{31} с зерном и $Q_{\text{т2}} = L_{\text{тн.с}} i_2$ с теплоносителем. Без учета дополнительных источников тепла и потерь теплоты в окружающую среду получим уравнение теплового баланса

$$Q_{30} + L_{\text{тн.с}} i_1 = Q_{31} + L_{\text{тн.с}} i_2,$$

откуда расход теплоты на сушку, кДж/ч,

$$Q_{3\text{т}} = Q_{31} - Q_{30} = L_{\text{тн.с}} (i_1 - i_2), \quad (101)$$

а на 1 кг удаленной влаги, кДж/кг,

$$q_{3\text{т}} = Q_{3\text{т}} / w = l_{\text{тн.с}} (i_1 - i_2). \quad (102)$$

Объем барабана вычисляют по допускаемому влагонапряжению $\sigma_{\text{н.доп}}$

$$V_6 = w / \sigma_{\text{н.доп}}, \quad (103)$$

причем для сушильного барабана $\sigma_{\text{н.доп}} = 30 \text{ кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч})$, а для сушильной камеры (шахтной сушилки) $\sigma_{\text{н.доп}} = 35 \text{ кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч})$.

Диаметр барабана определяют по допускаемой массовой скорости теплоносителя $(\gamma v)_{\text{доп}}$, отнесенной к незаполненному сечению барабана. Для сушильных $\sigma_{\text{н.доп}} = 35 \text{ кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч})$.

При подаче теплоносителя $L_{\text{тн.с}}$, кг/ч, площадь сечения барабана равна

$$F_6 = L_{\text{тн.с}} / [3600 (\gamma v)_{\text{доп}} (1 - \beta)], \quad (104)$$

где β — коэффициент заполнения барабана; $\beta \geq 0,25$.

После определения диаметра барабана $D_6 = 2\sqrt{V_6/\pi}$ вычисляют его длину:

$$L_6 = V_6/F_6 \quad (105)$$

Обычно принимают $L_6/D_6 \approx 5$.

При расчетах на ЭВМ строят блок-схему алгоритма расчета и по ней — программу для соответствующей ЭВМ.

Особенности расчетов на прочность. При проектировании узлов и деталей сельскохозяйственных машин необходимо учитывать специфику их работы и вытекающие отсюда требования к надежности конструкции. Особенности условий функционирования машин изложены выше. Они должны быть учтены в дипломном проекте при расчетах по обеспечению технической надежности узлов и деталей машин.

Применительно к дипломным проектам, выполняемым на кафедре сельскохозяйственных машин, речь идет об обеспечении усталостной прочности узлов и деталей, работающих в условиях переменных (случайных, в вероятностно-статистическом смысле) нагрузок.

Возникают поэтом задачи выбора расчетных нагрузок, допускаемых напряжений и в целом — методов расчета на прочность узлов и деталей. К сожалению, существующие методы расчета узлов и деталей сельскохозяйственных машин недостаточно учитывают реальные условия функционирования этих машин, поэтому для обеспечения прочности и надежности узлов и деталей приходится пользоваться грубыми расчетами с большими значениями коэффициентов запаса, учетом временных перегрузок, встреч с препятствиями и т. п.

Следует иметь также в виду, что реальные нагрузки на узлы и детали сельскохозяйственных машин являются случайными. Поэтому наибольшие значения этих нагрузок в виде, например, сосредоточенных сил P_{\max} будут

$$P_{\max} = m_P + \beta \sigma_P, \quad (106)$$

где m_P и σ_P — оценки среднего значения и среднего квадратического отклонения силы P ; β — коэффициент, учитывающий характер распределения силы P ; при нормальном распределении $\beta \approx 3$.

В связи с этим возникает необходимость сбора информации о процессах изменения нагрузок на узлы

и детали машин в условиях их нормальной эксплуатации. Но расчет на прочность по максимальной нагрузке P_{\max} может привести к резкому увеличению размеров и массы детали. В этих случаях полезно применять предохранители, которые бы выключали механизмы при резком повышении нагрузки. Снижение материалоемкости машины может и должно достигаться за счет использования более точных и надежных методов расчета, применения соответствующих профилей и повышения качества материала, а также более лучших и надежных конструктивных оформлений деталей.

В этой связи важным моментом при конструировании и проектировании деталей сельскохозяйственных машин является выбор допускаемых напряжений. Выбирать эти напряжения следует исходя из нескольких иных соображений, чем в общем машиностроении. При проектировании деталей машин в общем машиностроении обычно допускаются минимальные упругие деформации. В деталях сельскохозяйственных машин из-за специфики условий функционирования приходится считаться с наличием существенных упругих деформаций; важно не допустить остаточных деформаций. Упругие деформации могут в некоторых случаях нарушить взаимное расположение деталей и привести к неточности работы узлов и механизмов (нарушение соосности подшипников, чрезмерная деформация длинных валов и т. п.). В этих случаях при проектировании следует предусмотреть соответствующее конструктивное оформление сопрягаемых деталей (самоустанавливающиеся подшипники, соединения валов гибкими муфтами и др.). Все это дает возможность повысить значения допускаемых напряжений.

Разумеется, что такое повышение может быть достигнуто и за счет использования лучших материалов и их термической обработки.

В связи со знакопеременной нагрузкой выбор допускаемых напряжений следует производить с учетом значений пределов усталости, т. е.

$$[\sigma] = \sigma_{-1}/K_3 ; \quad [\tau] = \tau_{-1}/K_3, \quad (107)$$

где $[\sigma]$ и $[\tau]$ — значения допускаемых нормальных и касательных напряжений; σ_{-1} и τ_{-1} — пределы усталости для нормальных и касательных напряжений; K_3 — запас прочности.

Количество циклов изменения нагрузок можно установить из спектральных плотностей процессов изменения сил, определяющих нагрузку на детали. Значения допускаемых напряжений для различных материалов и пределов усталости приведены в справочной литературе.

2.4.4. Нормативно-технические документы к выполнению курсового и дипломного проектирования

Нормативно-технические документы к выполнению графической части проектирования. Графические материалы выполняются в соответствии с Единой системой конструкторской документации (ЕСКД) [13], [14] и должны строго соответствовать теме и стадии разработки дипломного или курсового проектирования [15], [16]. По ГОСТ 2.103—68 устанавливаются следующие стадии разработки: техническое предложение, эскизный проект, технический проект, рабочая документация.

Стадия разработки указывается руководителем в задании на проектирование. В большинстве случаев дипломное и курсовое проектирование по сельскохозяйственным машинам выполняется в стадии технического проекта (ГОСТ 2.120—73). В отдельных случаях стадия разработки может быть ограничена эскизным проектом (ГОСТ 2.119—73) или же доведена до рабочей документации на отдельные части проектируемого объекта. Однако независимо от того, в какой стадии выполняется проектирование по сельскохозяйственным машинам, конструкторская документация должна содержать чертежи общих видов, сборочные и чертежи деталей.

Чертеж общего вида по ГОСТ 2.102—68 является документом, определяющим конструкцию изделия, взаимодействие его основных частей и поясняющим принцип работы изделия. При этом он является обязательным документом проектной документации на стадии разработки технического проекта, а на стадии эскизного проекта он разрабатывается по усмотрению руководителя.

В стадии эскизного проекта чертеж общего вида разрабатывается с целью установления принципиаль-

ных конструктивных и схемных решений изделия и проработки вариантов его составных частей.

В стадии эскизного проекта чертеж общего вида согласно ГОСТ 2.119—73 должен содержать изображение изделия (виды, разрезы, сечения, выносные элементы); текстовую часть и надписи, необходимые для понимания конструктивного устройства, взаимодействия частей и принципа работы изделия; наименование и обозначение составных частей (на полках линий-выносок) изделия с указанием технической характеристики, необходимой для понимания изображений и принципа работы изделия; размеры габаритные и присоединительные; при необходимости схему устройства изделия.

Изображения на чертеже выполняют с максимальными упрощениями, предусмотренными стандартами ЕСКД.

Покупные и заимствованные составные части изображают внешним контурным очертанием, если при этом обеспечены понимание устройства, взаимодействие частей и принцип работы изделия.

Допускается изображать отдельные части изделия на том же листе, где дан чертеж общего вида.

В стадии разработки технического проекта чертеж общего вида выполняется с целью выявления окончательных технических решений, дающих полное представление о конструкции изделия. В этой стадии чертеж общего вида служит основой для создания рабочей документации.

Чертеж общего вида в техническом проекте оформляется так же, как чертеж в стадии эскизного проекта. Кроме того, он должен содержать размеры и предельные отклонения сопрягаемых поверхностей в виде дроби; технические требования к изделию, например о применении определенных покрытий и их способах, методах сварки, условиях испытания и т. п.; технические характеристики изделия, необходимые для разработки рабочих чертежей и других технических документов.

В стадии технического проекта чертежи общего вида могут также разрабатываться на отдельные части изделия (сборочные единицы), которые оформляются по правилам чертежа общего вида изделия.

Сборочный чертеж по ГОСТ 2.102—68 — это документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки, изготовления и контроля.

К сборочному чертежу в соответствии с ГОСТ 2.109—73 ЕСКД «Основные требования к чертежам» предъявляются следующие требования:

1. Изображать сборочную единицу так, чтобы она давала представление о расположении и взаимной связи составных частей изделия, соединяемых по данному чертежу и обеспечивающих возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы. В случае, когда сборочный чертеж представлен недостаточным количеством видов (рекомендуется не менее двух), допускается на сборочных чертежах помещать схемы или расположения составных частей изделия.

2. Иметь размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному чертежу.

На сборочном чертеже могут быть представлены следующие размеры:

габаритные, определяющие предельные размеры изделия по крайним (выступающим) элементам контура с привязкой к базовым осям; при этом различают транспортные габариты, определяющие возможность перевозки изделия в готовом виде, и габариты движения, проставляемые на те части изделия, у которых возможна аварийная остановка (заклинивание) в процессе рабочих движений при несоблюдении указанных габаритов (или зазоров);

присоединительные, определяющие координаты тех элементов, с помощью которых данная сборочная единица взаимодействует с другими сборочными единицами предыдущей ступени входности; например, для тележки такими элементами являются ходовые колеса, буфера, линейки концевых выключателей и т. п.;

установочные, определяющие положение данной сборочной единицы по отношению к более крупной сборочной единице (например, положение лебедки механизма подъема на раме тележки; положение крюковой подвески по базе и колее, по высоте — в зависимости от установки привода ограничителя высоты подъема);

сборочные (в допусках и посадках), определяющие характер взаимодействия и способ сборки деталей в сборочных единицах;

определяемые правилами техники безопасности (высота ограждений, крайнее верхнее положение крюковой подвески и т. п.);

справочные.

Все размеры, кроме справочных, выполняют и контролируют по данному чертежу, и, следовательно, они являются обязательными для исполнения при сборке машины. Точность исполнения свободных размеров оговаривают в технических требованиях на чертеже.

Справочные размеры служат для удобства пользования чертежом, они по данному чертежу не выполняются и не контролируются. Справочные размеры на чертеже отмечают звездочкой (*).

3. На сборочных чертежах допускается упрощение изображений крепежных соединений (ГОСТ 2.315—68). На деталях, входящих в сборочную единицу, можно не показывать фаски, скругления, накатку, проточки и т. п., зазоры между отверстиями и стержнем.

На общих разрезах сборочного чертежа допускается не рассекать отдельные составные части, на которые выполняются самостоятельные чертежи. Допускается совмещать полный разрез, например корпус редуктора с половинкой разреза крышки (если она симметрична).

Если в сборочном чертеже наряду с другими деталями имеются сварные, паяные или kleеные сборочные единицы из одного материала, то штриховать их в разрезе следует как монолитное тело в одну сторону, но детали разделить основной линией.

При выполнении сборочного чертежа сварной, kleеной или паяной конструкции каждая деталь штрихуется самостоятельно, дается обозначение швов, позиций деталей и составляется спецификация.

4. На сборочных чертежах помещают указания о характере соединения и методах его осуществления; например, при совместной обработке отверстий необходимо указывать их размеры, допуски, знаки шероховатости и т. д. В этом случае отверстия на чертежах деталей не показываются.

5. Основные характеристики изделия (масса, скорость, мощность, производительность, передаточное число и т. п.) могут быть указаны на сборочном чертеже и расположены в нижней части чертежа (листа) под заголовком «Техническая характеристика». Если, кроме технической характеристики, необходимо дать технические требования в соответствии с ГОСТ 2.316—68, то их размещают над основной надписью. Заголовок «Технические требования» пишут только в том случае, если на листе есть «Техническая характеристика».

6. На сборочных чертежах допускается изображать перемещающиеся части изделия (их крайнее или промежуточное положение) с соответствующими размерами.

7. На сборочном чертеже допускается изображать пограничные (соседние) изделия с соответствующими размерами сплошной тонкой линией. В разрезах и сечениях пограничное изделие не штрихуется.

8. На сборочном чертеже изделия вспомогательного производства, например станочные приспособления, штампы, кондуктора и т. п., допускается помещать в правом верхнем углу операционный чертеж.

9. На сборочном чертеже все сборочные единицы нумеруются в соответствии с позициями в спецификации.

Размер шрифта для номера позиции должен быть выбран на один-два размера больше номера шрифта, принятого на чертежах.

Номер позиции записывается на полках линий выносок, которые проводятся от видимого контура частей сборочной единицы. Номера позиций располагают параллельно основной надписи, обязательно вне контура изделия. Их группируют в строчку или колонку и располагают по возможности на одной линии. Пересечение линий-выносок не допускается. Допускается делать общую линию-выноску с вертикальным расположением номеров позиций для групп крепежных деталей (болт, шайба, гайка), относящихся к одному и тому же месту крепления.

Спецификация является основным конструкторским документом, определяющим состав сборочной единицы, комплекса или комплекта. Она составляется на отдельных листах формата А4. По форме 1 со-

ставляется первый лист, а все последующие — по форме 1а в следующей последовательности:

документация в соответствии с ГОСТ 2.102—68;
комплексы;

сборочные единицы (агрегаты, узлы и т. п.);
детали;

стандартные изделия: по государственным, республиканским, отраслевым стандартам предприятий.

Все стандартные изделия группируют по их функциональному назначению:

прочие изделия, применяемые не по основным конструкторским (т. е. по техническим условиям, каталогам, прейскурантам и т. п., за исключением стандартных изделий);

материалы, непосредственно входящие в специфицируемое изделие с указанием общего количества тех или иных материалов на одно изделие с записью единиц измерения по системе СИ; их записывают в следующем порядке:

металлы черные, цветные, благородные, редкие;
кабели, провода, шнуры;

пластмассы, пресс-материалы;
бумажные, текстильные;

лесоматериалы;

резиновые, кожевенные;

минеральные, керамические, стеклянные;

комплекты — сюда входит ведомость эксплуатационных и ремонтных документов по ГОСТ 2.601—68, ГОСТ 2.602—68.

Наличие тех или иных разделов определяется составом специфицируемого изделия. Заголовки разделов пишут в графе «Наименование», подчеркивают и оставляют несколько строк на случай пропуска какой-либо части, детали, изделия.

Чертеж детали по ГОСТ 2.109—73 — это документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля. В соответствии с ГОСТ 2.102—68 чертежи деталей выполняются только в рабочей документации на листах не менее формата А4, при необходимости допускается формат А5.

Чертеж детали должен содержать все необходимые данные для ее изготовления и контроля:

1. В соответствии с ГОСТ 2.305—68 на чертеже

должно быть минимально необходимое количество видов, разрезов, сечений, выносных элементов и пр. с показом всех проточек, канавок, фасок, углублений и т. д.

2. Проставляя размеры, студент решает три основных вопроса:

а) какие размеры проставить на чертеже, чтобы для каждого элемента детали они были заданы не только полно, но и технологически грамотно, т. е. согласованы с производственным процессом, типичным для изготовления данной детали; при этом и надо принять решение, какие именно элементы детали лучше принять за размерные базы для отсчета и измерения контролируемых размеров;

б) как расположить размеры на чертеже, чтобы при чтении они были понятны исполнителям; очень важно в дипломном проекте использовать так называемые нормальные размеры, к которым относятся в первую очередь линейные размеры, размеры углов, конусности и т. п.; нормальные линейные размеры (диаметр, длина, высота и др.) даны по ГОСТ 6636—69, который устанавливает ряды нормальных линейных размеров от 0,001 до 20 000 мм. Использование таких размеров является основным важнейшим элементом взаимозаменяемости деталей; геометрическая взаимозаменяемость достигается за счет установления соответствующих размеров и допусков;

в) какие размеры на чертеже детали необходимо согласовать с соответствующими размерами сопрягаемых деталей, находящихся во взаимодействии с данной.

ГОСТ 2.307—68 устанавливает общие правила нанесения размеров и предельных отклонений, сокращенные записи и условности при нанесении размеров, дает общее правило нанесения выносных и размерных линий, вписывания размерных чисел и основные правила распределения размеров на чертежах. Общее число размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия. На чертеже могут быть даны для удобства пользования чертежом так называемые размеры для справок, которые отмечаются звездочкой «*». К справочным размерам относят следующие:

один из размеров замкнутой размерной цепи; размеры, которые переносят с чертежей изделий-заготовок;

размеры, определяющие положение элементов детали, подлежащих обработке по другой детали;

размеры деталей из сортового, фасонного, листового и другого проката, если они полностью определяются обозначением материала, приведенного в основной надписи в графе «Материал», например:

В 20 ГОСТ 2590-88
Круг ————— и т. п.
Ст3 ГОСТ 535-88

Важно обратить внимание на правильность изображения условных знаков на чертежах, которые определяют целый ряд размеров и записываются непосредственно перед размером, например \varnothing и т. п. Все знаки должны быть равны по высоте размерным числам, а форма их соответствовать ГОСТ 2.304-81.

ГОСТ 2.318-81 устанавливает правила упрощенного нанесения размеров на чертежах в следующих случаях: диаметр отверстия на изображении 2 мм и менее; отсутствует изображение отверстий в разрезе (сечении) вдоль оси, если нанесение размеров отверстий по общим правилам усложняет чтение чертежа.

3. Важным этапом при оформлении чертежа детали является нанесение предельных отклонений размеров.

ГОСТ 2.307-68 устанавливает правила нанесения размеров и предельных отклонений на чертежах и других технических документах.

В технике широко используется (а в вузах изучается в курсе предмета «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения») «Единая система допусков и посадок СЭВ» (ЕСДП СЭВ).

Основанием для определения требуемой точности изделия при изготовлении являются указанные на чертеже предельные отклонения размеров, а также предельные отклонения формы и расположения поверхностей.

Предельные отклонения линейных размеров (*а* — валов, *б* — отверстий, *в* — сопрягаемых элементов) могут быть указаны одним из трех способов в соот-

ветствии с правилами, установленными ГОСТ 2.307—68 и ГОСТ 25347—82 (СТ СЭВ 144—75):

1—условными обозначениями полей допусков, например

$$a - \varnothing 40 f7; b - \varnothing 40 H7; c - \varnothing 40 \frac{H7}{t7};$$

2—числовыми значениями предельных отклонений, например

$$a - \varnothing 40 \frac{-0,025}{-0,050} ; \quad b - \varnothing 40 \frac{+0,025}{-0,025} ; \quad c - \varnothing 40 \frac{0,025}{-0,050}$$

причем высота цифр предельных отклонений приблизительно равна половине высоты шрифта номинального размера;

3—условными обозначениями полей допусков с указанием справа в скобках числовых значений предельных отклонений (комбинированный способ), например

$$a \varnothing 40 f7 \left(\begin{array}{c} -0,025 \\ -0,050 \end{array} \right); \quad b - \varnothing 40 H7 \quad (+0,025)$$

$$c - \varnothing 40 \frac{H7}{f7} \left(\begin{array}{c} (+0,025) \\ -0,025 \\ -0,050 \end{array} \right).$$

Предельные отклонения, равные нулю, не указывают.

При симметричном расположении поля допуска абсолютную величину отклонений указывают один раз со знаком \pm , при этом высота цифр, определяющих отклонения, должна быть равна высоте шрифта номинального размера.

Указание условных обозначений полей допусков способствует освоению новой системы допусков и посадок, облегчает выбор размерного инструмента и предельных калибров, в маркировке которых указано поле допуска изделия.

На одном чертеже могут применяться разные способы указания предельных отклонений. На сборочных чертежах предельные отклонения размеров (посадки) сопрягаемых элементов могут быть указаны

также одним из трех способов в виде дроби, в числителе которой помещают данные, относящиеся к отверстию, а в знаменателе — к валу. Первый способ достаточен в тех случаях, когда посадки указываются как справочные данные; второй и третий способы предпочтительны в тех случаях, когда рабочие чертежи детально не разрабатываются.

Предельные отклонения угловых размеров указывают только числовыми значениями, например $60^\circ \pm 5'$.

4. ГОСТ 2.308—79 устанавливает правила указания допусков формы и расположения поверхностей на чертежах изделий.

Вид допуска формы и расположения поверхностей указывают на чертежах условными обозначениями (графическими символами), приведенными в данном стандарте. В этом стандарте даны также многочисленные примеры применения этого ГОСТа при оформлении рабочих чертежей деталей.

5. ГОСТ 2.309—73 устанавливает обозначения шероховатости поверхностей и правила нанесения их на чертежах изделий.

ГОСТ 2789—73 устанавливает номенклатуру параметров и типов направлений неровностей поверхности, которые должны применяться для нормирования и оценки шероховатости поверхности, числовые значения параметров и общие указания по нормированию. Стандарт не распространяется на шероховатость ворсистых поверхностей (фетр, войлок, древесина и т. п.).

Требования к шероховатости поверхности должны быть обоснованными и устанавливаться исходя из функционального назначения поверхности.

Параметры шероховатости выбираются из приведенной ниже номенклатуры:

R_a — среднее арифметическое отклонение профиля;

R_z — высота неровностей по десяти точкам;

R_{\max} — наибольшая высота неровностей профиля;

S_m — средний шаг неровностей;

S — средний шаг неровностей по вершинам;

t_p — относительная опорная длина профиля.

При оформлении чертежей дипломного проекта рекомендуется применять параметр R_a .

Шероховатость поверхностей обозначают на чертеже для всех выполняемых по данному чертежу поверхностей изделия, независимо от методов их образования, кроме поверхностей, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции.

В обозначении шероховатости поверхности применяют один из следующих знаков:



— когда вид обработки поверхности конструктором не устанавливается;



— когда поверхность должна быть образована удалением слоя материала (точение, фрезерование, сверление, шлифование и т. п.);



— когда поверхность должна быть образована без удаления слоя материала (литье, ковка, прокат и т. п.).

Поверхности, не обрабатываемые по данному чертежу, обозначают знаком



Значение параметра шероховатости указывают в обозначении шероховатости в соответствии со следующими примерами:



Символ R_a в обозначении не указывается.

Обозначения шероховатости поверхностей на изображении изделия располагают на линиях контура, выносных линиях или на полках линий-выносок и по возможности на тех изображениях, где указаны размеры этих поверхностей.

Высота h знака (рис. 29) должна быть приблизительно равна применяемой на чертеже высоте цифр размерных чисел: $H = (1,5-3)h$; толщина линий знаков должна быть приблизительно равна половине толщины сплошной основной линии, применяемой на чертеже. Знак



должен касаться вершиной

контура поверхности изделия или выносной линии, а высота его должна располагаться перпендикулярно к этим линиям.

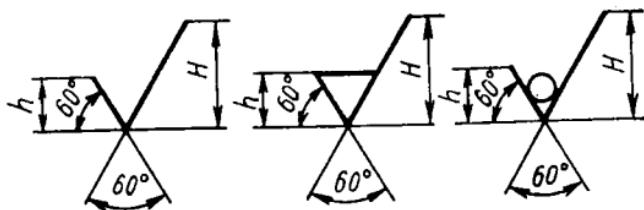


Рис. 29. Условные знаки для изображения шероховатости поверхностей

6. ГОСТ 2.310—68 устанавливает правила нанесения на чертежи изделий обозначений покрытий (защитных, декоративных, электроизоляционных, износостойчивых и т. п.), а также показателей свойств материалов, получаемых в результате термической и других видов обработки (химико-термической, на клепа и т. п.).

На чертежах изделий, подвергаемых термической и другим видам обработки, необходимо указывать показатели свойств материалов, полученных в результате обработки, например твердость (HRC_a , HRB , HRA , HB), предел прочности (σ_b), предел упругости (σ_y) и т. п. Глубину обработки обозначают буквой h . Величины глубины обработки и твердости материалов на чертежах указывают предельными значениями, например h 0,7—0,9 мм; HRC_a 40—60. Если все изделие подвергают одному виду обработки, то в технических требованиях делают запись: « HRC_a 40—45» или «Цементировать h 0,7—0,9 мм; HRC_a 50—52» и т. п. С целью обеспечения единства измерений в СССР с 1.07.1980 г. введены государственный специальный эталон и единая шкала твердости по Роквеллу (ГОСТ 8.064—79) и соответственно твердость на чертежах обозначают HRC_a в отличие от обозначения HRC .

7. ГОСТ 2.311—68 устанавливает правила изображения и нанесения обозначения резьбы на чертежах.

Резьбу изображают:

на стержне — сплошными основными линиями по наружному диаметру резьбы и сплошными тонкими (четкими) линиями — по внутреннему диаметру; на изображениях, полученных путем проецирования на

плоскость, параллельную оси стержня сплошную тонкую линию по внутреннему диаметру резьбы проводят на всю длину резьбы без сбега (с выходом на фаску), а на видах, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси стержня, по внутреннему диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную $\frac{3}{4}$ окружности, разомкнутую в любом месте; при наличии фаски на стержне или в отверстии предпочтение отдается резьбе и фаску не показывают;

в отверстии — сплошными основными линиями по внутреннему диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями — по наружному диаметру; на разрезах, параллельных оси отверстия, сплошную тонкую линию по наружному диаметру резьбы проводят на всю длину резьбы без сбега, а на изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси отверстия, по наружному диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную $\frac{3}{4}$, разомкнутую в любом месте; сплошную тонкую линию при изображении резьбы наносят на расстоянии не менее 0,8 мм от основной линии и не более величины шага резьбы; границу резьбы проводят до линии наружного диаметра резьбы и изображают сплошной основной линией.

8. ГОСТ 2.312—72 устанавливает условные изображения и обозначения швов сварных соединений на чертежах. Учитывая широкое использование в дипломных проектах сварных конструкций, следует обратить внимание на правильность изображения швов сварных соединений и особенно на их обозначение на чертежах.

ГОСТ 2.313—82 устанавливает условное изображение на чертежах швов неразъемных соединений, полученных пайкой, склеиванием и клепкой. При выполнении швов припоями или kleями различных марок всем швам, выполняемым одним и тем же материалом, следует присваивать один порядковый номер, который надо наносить на линии выноски. При этом в технических требованиях материал следует указывать записью по типу: «ПОС 4 ГОСТ... (№ 1), ПМЦ 36 ГОСТ... (№ 2), клей БФ-2 ГОСТ... (№ 3) и т. п.».

Все конструктивные элементы и размеры шва

клеенного соединения приводят на чертеже. Размещение заклепок указывают на чертеже условно. Примеры условного изображения клепанных соединений на чертеже даны в вышеуказанном стандарте.

9. ГОСТ 2.315-68 устанавливает упрощенные и условные изображения крепежных деталей на сборочных чертежах и чертежах общего вида. Если

Рис. 30. Форма для заполнения основной надписи первого листа чертежей и схем

предмет, изображенный на сборочном (общего вида) чертеже, имеет ряд однотипных соединений, то крепежные детали, входящие в эти соединения, следует показывать условно или упрощенно в одном-двух местах каждого соединения, а в остальных — центральными и осевыми линиями. Если на чертеже имеется несколько групп крепежных деталей, различных по типам и размерам, то вместо нанесения повторяющихся номеров позиций рекомендуется одинаковые крепежные детали обозначать условными знаками, а номер позиции наносить только один раз.

10. ГОСТ 2.316—68 устанавливает правила нанесения надписей, технических требований и таблиц. Основная надпись на чертеже должна производиться в соответствии с требованиями ГОСТ 2.104—68.

Для чертежей и схем предусмотрена форма 1 (рис. 30), для спецификаций и других текстовых конструкторских документов — форма 2 (рис. 31), для последующих листов текстовых конструкторских документов — форма 2а (рис. 32).

Допускается для последующих листов чертежей и схем применять форму 2а.

Располагают основную надпись в правом нижнем углу конструкторского документа по линии рамки.

На формате А4 основную надпись размещают вдоль короткой стороны листа, для остальных форматов — вдоль длинной стороны листа. В обоснованных случаях для форматов не более А1 допускается вертикальное расположение чертежа с размещением основной надписи по короткой стороне листа (рис. 33).

Записи в графах основной надписи следующие:

1 — наименование изделия (в соответствии с требованиями ГОСТ 2.109—73), а также наименование документа в случае присвоения ему кода. Для изделий народнохозяйственного значения допускается не указывать наименование документа, если его код определен ГОСТ 2.102—68; ГОСТ 2.601—68; ГОСТ 2.602—68; ГОСТ 2.701—84.

Наименование изделия должно соответствовать принятой терминологии, быть по возможности кратким и записываться в именительном падеже единственного числа. В наименовании, состоящем из нескольких слов, на первом месте помещают имя существительное, например «Сошник дисковый».

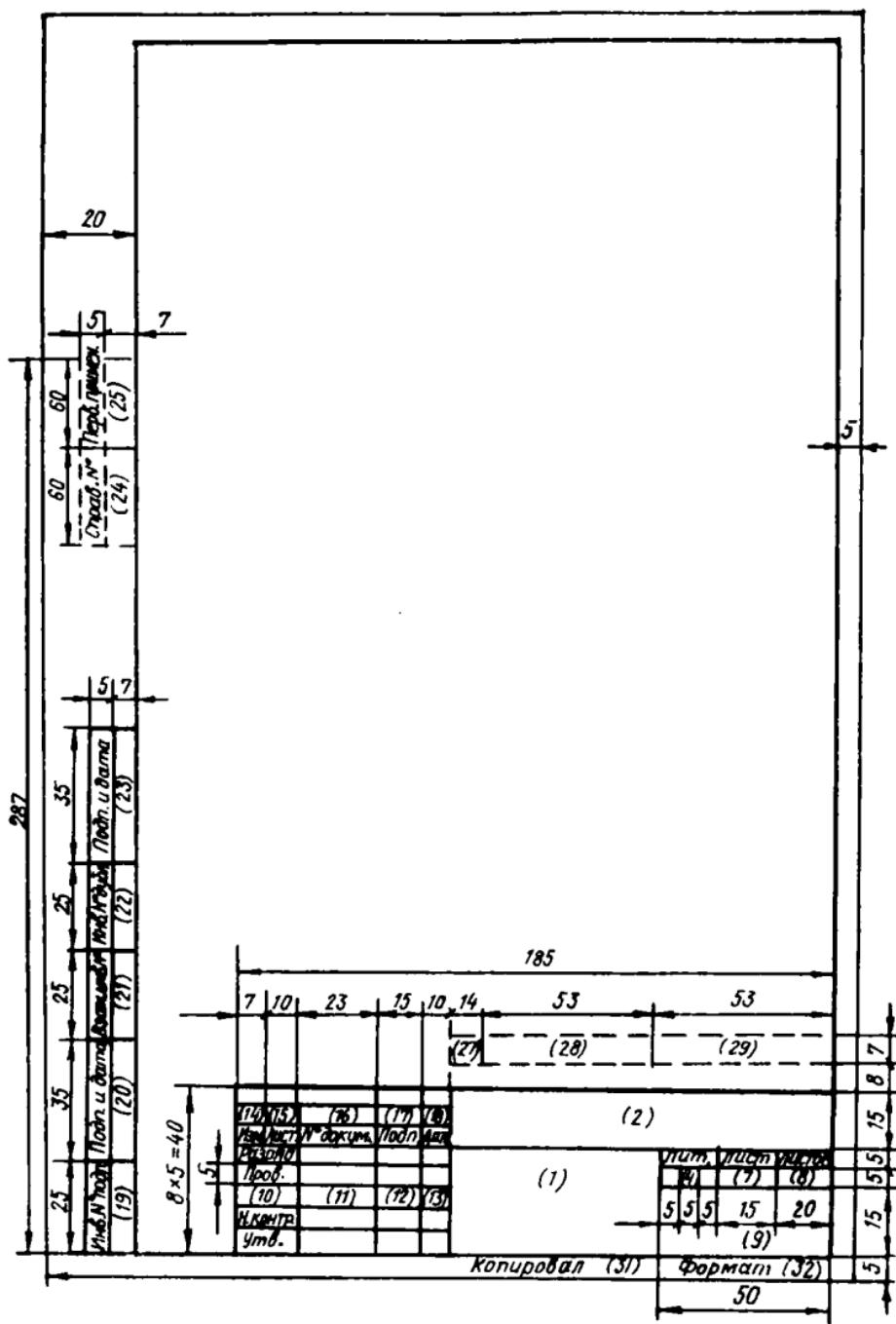


Рис. 31. Форма для заполнения основной надписи первого и заглавного листов текстовых конструкторских документов

В наименование изделия, как правило, не включают сведения о назначении изделия и его местоположении.

В конце наименования изделия и документа точку не ставят. Перенос слов в наименовании изделия и документа нежелателен.

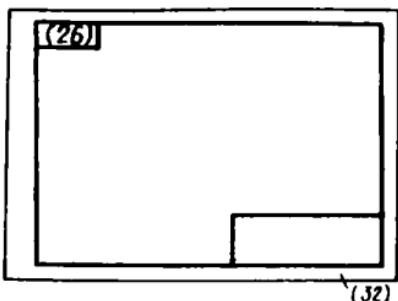
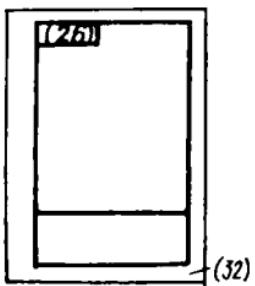
2 — обозначение документа по ГОСТ 2.201—80 с добавлением его шифра по ГОСТ 2.102—68.

Diagram of a form for filling out the main title of subsequent drawings and schemes. The form is a rectangle with various dimensions and fields. At the top right, there is a box labeled '(26)' with a '2' in it. Below it is a box labeled '70'. To the left of these is a dimension '20'. On the left side, there is a vertical column with dimensions 25, 25, 35, 25, 5, and 7. Below this column is a horizontal line with dimensions 35, 25, 25, 35, 5, and 7. The main title area is a large rectangular box with a dimension '185' at the top. Below this box is a horizontal line with dimensions 7, 10, 23, 15, 10, 110, 10, 5, and 7. At the bottom of the form, there is a box labeled '(2)' and a box labeled '(2)' with 'Лист' and '(7)' in it. At the very bottom, there are two boxes: 'Копироваль (31)' and 'Формат (32)'. The bottom right corner has a dimension '5 8 7'.

Рис. 32. Форма для заполнения основной надписи последующих листов чертежей и схем и текстовых конструкторских документов

Для формата А4

Для формата больше А4
при расположении основной надписи
вдоль длинной стороны листа



Для формата больше А4
при расположении основной надписи
вдоль короткой стороны
листа

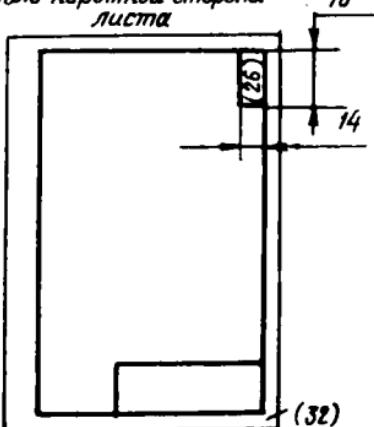


Рис. 33. Расположение основной надписи и дополнительных граф к ней

3 — обозначение материала детали в соответствии с ГОСТ 2.109—73 (графу заполняют только на чертежах деталей).

4 — при учебном проектировании не заполняется.

5 — расчетную массу изделия, изображенного на чертеже. Массу записывают в килограммах без указания единицы измерения; допускается записывать в других единицах измерения, но с их указанием, например 0,5 т, 125 г. Если необходимо пояснить предельное отклонение массы изделия, его указывают в технических требованиях чертежа.

6 — масштаб изображения в соответствии с ГОСТ 2.302—68.

7 — порядковый номер листа документа. На документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют.

8 — общее количество листов документа. Графу заполняют только на первом листе.

9 — наименование или различительный индекс предприятия, выпускающего документ. Графу не заполняют, если различительный индекс содержится в обозначении документа. Для дипломных проектов в графе 9 помещают сокращенное название института, например ЛСХИ, а для курсового проектирования графу заполняют в две строчки: на первой — сокращенное название института, а на второй — номер студенческой группы без знака №.

10 — характер работы, выполняемый лицом, подписывающим документ, например «Студент». Свободную строку заполняют по усмотрению кафедры, например «Консультант».

11 — фамилии лиц, подписавших документ.

12 — подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11. Подписи лиц, разработавших данный документ и ответственный за нормо-контроль, являются обязательными.

13 — дату подписания документа в соответствии с требованиями ГОСТ 24520—80.

Графы 14—18 и 21—28 в учебном проектировании не заполняют.

Графы 19 и 20 предназначены для отметок ответственного за хранение документов в техническом архиве.

Графы 24, 25, 27—30 и 33, показанные штриховой линией, в учебном проектировании не делают.

В графе 26 на чертежах и схемах помещают тоже обозначение документа, что и в графе 2, но повернутое на 180 или 90° в зависимости от расположения графы (см. рис. 33); в поле 32 указывают обозначение формата данного листа документа по ГОСТ 2.301—68.

Текстовую часть, надписи и таблицы включают в чертеж в тех случаях, когда содержащиеся в них данные, указания и разъяснения невозможно или нецелесообразно выразить графически или условными обозначениями. Содержание текста и надписей должно быть кратким и точным. В надписях на чертежах

не должно быть сокращений слов, за исключением общепринятых, а также указанных в приложении к настоящему стандарту. Надписи, относящиеся к изображению, могут содержать не более двух строк, располагаемых над полкой линии-выноски и под ней. Текстовую часть, помещенную на поле чертежа, располагают над основной надписью. Между текстовой частью и основной надписью не допускается размещать изображения чертежей, таблицы и т. п.

На чертежах, где стандартом установлена таблица параметров (например, зубчатого колеса, червяка и т. п.), ее помещают по правилам, установленным соответствующим стандартом. Все другие таблицы размещают на свободном месте поля чертежа справа от изображения или ниже его и выполняют по ГОСТ 2.105—79.

11. Все конструктивные чертежи должны выполняться в карандаше на форматах по ГОСТ 2.301—68, ГОСТ 2.303—68 устанавливает девять типов линий, их начертание и основное назначение на чертежах. Специальное назначение линий (изображение резьбы, шлицов, границы зон с различной шероховатостью поверхности, термообработки и т. д.) определено в соответствующих стандартах ЕСКД.

Толщина линии должна быть одинаковой для всех изображений на данном чертеже, вычерчиваемых в одинаковом масштабе. Штрихпунктирные линии должны заканчиваться штрихами, а не точками. Штрихи в линии должны быть одинаковой длины. Центры окружностей должны отмечаться пересечением штрихов. Штриховые линии (линии невидимого контура), если они доходят до линии контура изображения, должны упираться в линию контура без промежутка. При пересечении линий невидимого контура штрихи должны пересекаться.

Рекомендуется принять толщину S основной (сплошной толстой) линии не менее 1—1,2 мм, все тонкие линии — $S/2$ и главное обратить внимание на то, чтобы все линии были четкими (не бледными), т. е. при окончательном оформлении всех чертежей их надо обвести карандашом M или $2M$, периодически его затачивая и соблюдая нужную толщину линий.

Все цифры на чертежах и надписи должны быть выполнены чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304—81. Предпочтительнее использовать шрифт типа Б с наклоном 75°. При оформлении каждого чертежа необходимо выбрать номер шрифта. В дипломном проекте предпочтительнее пользоваться шрифтом № 5 или № 7. При заполнении основной надписи в графе «Наименование чертежа (изделия)», выполненного на формате А1, рекомендуется шрифт № 7. Особое внимание следует обратить на размер цифр. Все цифры на данном чертеже должны быть выполнены одним номером.

Оформление пояснительной записи. Пояснительную записку оформляют [13], [15] в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105—79. Текст записи должен располагаться только на одной стороне формата А4 (297×210 мм) и может выполняться машинописным или рукописным способом: при машинописном — через 2 интервала четким шрифтом высотой не менее 2,5 мм, при рукописном — черной тушью основным чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304—81 с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм. Допускается пояснительную записку выполнять четким разборчивым рукописным текстом черными или синими чернилами или пастой.

Пояснительная записка должна содержать титульный лист, задание на проектирование, аннотацию, содержание, вводную часть, основную часть, выводы, список использованной литературы, приложения (при наличии).

Все листы пояснительной записи, кроме титульного и задания, нумеруют. Если в пояснительной записи имеются рисунки и таблицы, расположенные на отдельных листах, их включают в общую нумерацию листов. Содержание, список использованной литературы, приложения также включают в общую нумерацию листов. Нумерация листов должна быть сквозной.

Титульный лист выполняется чертежным шрифтом или на пишущей машинке на чертежной или другой гладкой бумаге. Допускается применение бланков титульных листов, выдаваемых институтом, с обязательным заполнением их чертежным шрифтом.

Все листы, кроме титульного и задания на проектирование, должны иметь рамку, размеры которой следующие: с левой стороны — 20 мм, а с остальных — 5 мм.

Текст располагается следующим образом.

Расстояние рамки формы до границ текста оставляют в начале строк не менее 5 мм, в конце строк — не менее 3 мм; расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки формы оставляют не менее 10 мм.

Абзацы в тексте начинают отступом, равным пяти ударам пишущей машинки (15—17 мм). Число строк на одном листе не должно быть более 30.

Текст основной части записи при необходимости может быть разделен на разделы. Разделы, если этого требует изложение текста, делят на подразделы. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всей записи, обозначенные арабскими цифрами с точкой. Высота цифр такая же, как заглавной буквы. Подразделы должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого раздела. Номера подразделов состоят из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела также должна ставиться точка.

Каждый раздел записи рекомендуется начинать с нового листа. Наименования разделов и подразделов должны быть краткими и соответствовать содержанию. Наименование раздела записывают в виде заголовка прописными буквами и располагают симметрично тексту, а наименование подраздела — с абзаца строчными буквами (кроме первой прописной) вразрядку. В заголовках раздела и подраздела переносы слов не допускаются, точки в конце не ставятся. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Расстояние между основаниями строк в заголовках должно быть полтора интервала (5 мм).

Расстояние между наименованием раздела и последующим текстом или наименованием подраздела должно быть 3—4 интервала при выполнении текста машинописным способом, а при рукописном — 15 мм. Расстояние между наименованием раздела и последней строкой предыдущего текста при выполнении записи машинописным способом должно составлять

4—5 интервалов, а рукописным — 20 мм. Расстояние между заголовком подраздела и последующим текстом должно быть таким, как в тексте. Расстояние между наименованием подраздела и последней строкой предыдущего текста при машинописном способе оформления записи должно составлять 3—4 интервала, а при ручном — 15 мм.

Разделы, как и подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов. Пункты должны иметь порядковые номера в пределах каждого раздела или подраздела; если же записка не разделена на разделы, то в пределах всей записи. Номер пункта раздела состоит из номеров раздела и пункта, разделенных точкой. После номера ставят точку. Цифры, указывающие номера пунктов, не должны выступать за границу абзаца.

Пункты в свою очередь могут быть разбиты на подпункты, которые выполняются по тем же правилам, что и пункты. Нумерацию производят в пределах пункта.

Содержащиеся в пунктах или подпунктах перечисления записывают с абзаца и обозначают при необходимости арабскими цифрами со скобкой.

Пример расположения текста показан на рис. 34.

При изложении текста в пояснительной записке следует помнить, что его излагают кратко, четко, исключая неоднозначное толкование. Язык изложения должен быть простым, характерным для научных и технических документов. Рекомендуется избегать лишних вводных фраз и сложных оборотов. Принятая в тексте терминология должна соответствовать установленной в стандартах, а при отсутствии их — общепринятой в научно-технической литературе.

Наименования, приводимые в тексте записи на подрисунковых подписях, таблицах и приложениях, должны быть одинаковыми.

Полное наименование изделия на титульном листе, в основной надписи и при первом упоминании в тексте документа должно быть одинаковым с наименованием в основном документе.

Числовые значения величин в тексте должны указываться с необходимой степенью точности, при этом

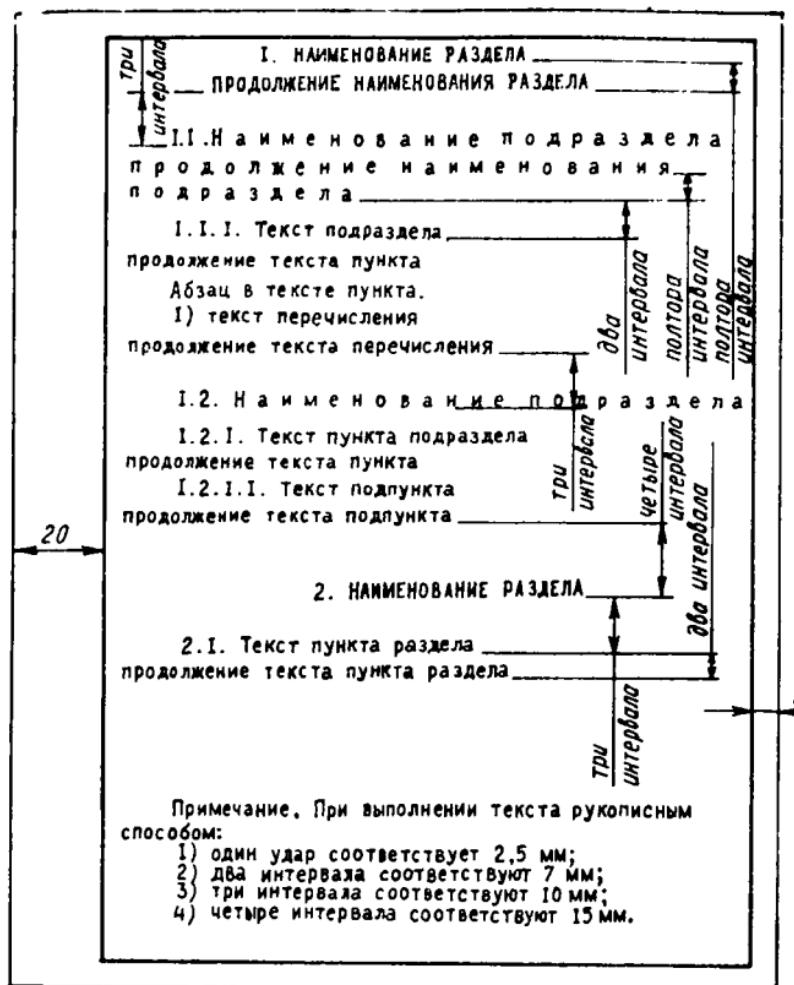


Рис. 34. Пример расположения текста на странице пояснительной записи

В ряду величин выравнивание числа знаков после запятой необязательно.

В тексте числа с размерностью следует писать цифрами, а без размерности — словами, например «Отклонение средней фактической глубины вспашки от заданной не более 2 см», «Опыт повторить три раза».

Единица физической величины одного и того же параметра в пределах всей записи должна быть постоянной. Если приводится ряд числовых значений, выраженных в одной и той же единице физиче-

ской величины, то ее указывают только после последнего числового значения, например 1,5; 1,75; 2 мм.

При указании ограниченных норм перед числовыми значениями пишут: *не менее* или *не более*; *от* и *до*; *свыше*, например «Высота гребней допускается не более 4 см». При указании пределов величин (от...до) рекомендуется применять тире, например «Вешки высотой 2—2,5 м». Если в предельных величинах имеются отрицательные значения, используют указатель предела «от...до», например «От плюс 18 до минус 3 °С». Перед числовыми величинами ставить тире не допускается, чтобы не спутать его со знаком минус. Для величин, имеющих отрицательное значение, пишут слово минус, например «Температура воздуха минус 5 °С». Если в тексте приводятся только положительные значения величин, то знак плюс перед ними не ставят, например «Степень загрузки двигателя должна быть от 0,85 до 0,90».

В тексте записи не допускается:

применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), и иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;

сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц физических величин в головках и боковиках таблиц, в расшифровках буквенных обозначений, входящих в формулы;

применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, пунктуации, а также соответствующими государственными стандартами, например ГОСТ 7.12—77;

использовать в тексте математический знак минус (—) перед отрицательными значениями величин, вместо математического знака минус (—) следует писать слово «минус»;

употреблять математические знаки без цифр, например \leqslant , \geqslant , \neq , а также № и %;

применять индексы стандартов (ГОСТ, ОСТ, РСТ, СТП) без регистрационного номера.

Условные буквенные обозначения величин, а также условные графические обозначения должны соответствовать установленным государственным стаи-

дартам. В тексте записи перед обозначением параметра дают его пояснение, например «Предел прочности при растяжении σ_b ».

При проектировании применение, обозначение и написание единиц физических величин должны соответствовать ГОСТ 8.417—81 «Единицы физических величин».

Значения единиц физических величин могут выражаться в единицах СИ (основные, дополнительные, производные), десятичных кратных и дольных от них; в единицах, допускаемых к применению наравне с единицами СИ; в единицах, срок изъятия которых установлен в соответствии с международными соглашениями.

Используемые при курсовом и дипломном проектировании по сельскохозяйственным машинам основные, дополнительные и производные единицы СИ приведены в табл. 5. Внесистемные единицы, допускаемые к применению без ограничения нарав-

5. Некоторые основные, дополнительные и производные единицы физических величин

Наименование величины	Единица	
	Наименование	Обозначение
Длина	метр	м
Масса	килограмм	кг
Время	секунда	с
Сила электрического тока	ампер	А
Термодинамическая температура	кельвин	К
Плоский угол	радиан	рад
Момент инерции плоской фигуры	метр в четвертой степени	м^4
Скорость	метр в секунду	$\text{м}/\text{с}$
Плотность	килограмм на кубический метр	$\text{кг}/\text{м}^3$
Угловая скорость	радиан в секунду	с^{-1}
Ускорение	метр на секунду в квадрат-метре	$\text{м}/\text{с}^2$
Сила	ньютон	Н
Момент силы, пары сил	ньютон-метр	$\text{Н}\cdot\text{м}$
Напряжение и давление	паскаль	Па
Работа, энергия, количество теплоты	джоуль	Дж
Мощность	ватт	Вт

6. Некоторые внесистемные единицы физических величин

Наименование величины	Единица		
	Наименование	Обозначение	Соотношение с единицей СИ
Масса	тонна	т	10^3 кг
Время	минута	мин	60 с
	час	ч	3600 с
	сутки	сут	86 400 с
Плоский угол	градус	...°	$(\pi/180)$ рад = $= 1,745329 \cdot 10^{-2}$ рад
	минута	...'	$(\pi/10800)$ рад = $= 2,908882 \dots 10^{-4}$ рад
	секунда	...''	$(\pi/64800)$ рад = $= 4,848137 \dots 10^{-6}$ рад
Объем, вместимость	литр	л	10^{-3} м ³
Площадь	гаектар	га	10^4 м ²
Частота вращения	оборот в секунду	об/с	1 с^{-1}
	оборот в минуту	об/мин	$1/60 \text{ с}^{-1} = 0,016(6)$
Давление	бар	бар	10^5 Па

не с единицами СИ, и внесистемные единицы, временно допускаемые к применению, приведены в табл. 6.

Для написания величин применяют обозначения единиц буквами или специальными знаками (...°, ...', ...''). Условные буквенные обозначения физических величин (механических, электрических и др.) должны соответствовать установленным в определенных государственных стандартах.

Принятые единицы физических величин одного и того же параметра в пределах всей записи должны быть одинаковыми.

Единицы, наименования которых носят имена ученых, в обозначении пишутся с прописной буквы, например: А — ампер, К — кельвин, Гц — герц, Н — ньютон, Па — паскаль, Дж — джоуль, Вт — ватт, Кл — кулон, В — вольт, Ф — фарад, Ом — ом, Вб — вебер, Тл — тесла, Гн — генри и др.

Обозначения единиц следует применять только после числового значения величин. Их помещают в строку с числовым значением величины, без переноса на следующую строку. Между последней циф

рой и обозначением единицы оставляют пробел, например 10 м, 15 мм, 20 кг, 80 %, 20 °С. Исключения составляют обозначения в виде знака, поднятого над строкой, перед которыми пробела не оставляют: 20°.

При наличии десятичной дроби в числовом значении величины обозначение единицы следует помещать после всех цифр, например 423,06 м, 5°45,48' или 5°45'28,8".

При указании значений величин с предельными отклонениями следует заключать числовые значения с предельными отклонениями в скобки и обозначения единицы помещать после скобок или проставлять после числового значения величины и после ее предельного отклонения:

Правильно:

$(100,0 \pm 0,1)$ кг
 $50 \text{ г} \pm 1 \text{ г}$

Неправильно:

$100,0 \pm 0,1$ кг
 50 ± 1 г

Если в тексте приводится ряд числовых значений одной величины, то единицу измерения указывают после последней цифры, например 20, 30, 40 м; $5 \times 5 \times 20$ мм.

В буквенных обозначениях отношений единиц в качестве знака деления должна применяться только одна косая или горизонтальная черта.

Допускается применять обозначения единиц, введенных в степень (положительные и отрицательные). Если для одной из единиц, входящих в отношение, установлено обозначение в виде отрицательной степени (например, с^{-1} , м^{-1}), применять косую или горизонтальную черту не допускается:

Правильно:

$\frac{\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}}{\text{Вт}}$
 $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$

Неправильно:

$\frac{\text{Вт}/\text{м}^2/\text{К}}{\text{Вт}}$
 $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$
 $\frac{\text{Вт}}{\text{К}}$

При применении косой черты обозначения единиц в числителе и знаменателе следует помещать в строку, произведение обозначений единиц в знаменателе следует заключать в скобки:

Правильно:

$\frac{\text{м}/\text{с}}{\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})}$

Неправильно:

$\frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$

При указании производной единицы, состоящей из двух и более единиц, не допускается комбинировать буквенные обозначения и наименования единиц, т. е. для одних единиц приводить обозначения, а для других — наименования.

Правильно:
80 км/ч
80 километров в час

Неправильно:
80 км/час
80 км в час

Допускается применять сочетания специальных знаков: ...°, ...', ...", % с буквенными обозначениями единиц, например ...°/с.

В тексте перед условным обозначением параметра дают его пояснения, например «Временное сопротивление разрыву».

В тексте применяют полные наименования единиц измерения. Например, следует писать: глубина рыхления — в сантиметрах (нельзя писать: глубина рыхления — в см).

Для технологических документов принято понятие не «единицы измерения», а «единицы величины» (в соответствии с требованиями общесоюзного классификатора единиц величины и счета).

Производные единицы СИ следует образовывать из основных и дополнительных единиц СИ по правилам образования когерентных производных единиц (ГОСТ 8.417—81).

Образование десятичных кратных и дольных единиц, а также их наименования и обозначения производят с помощью *множителей* и *приставок* (ГОСТ 8.417—81).

Присоединение к наименованию единицы двух или более приставок подряд не допускается. Приставку или ее обозначение следует писать слитно с наименованием единицы, к которой она присоединяется, или соответственно с ее обозначением.

Если единица образована как произведение или отношение единицы, приставку следует присоединять к наименованию первой единицы, входящей в произведение или отношение, например килопаскаль — секунда на метр (кПа·с/м).

Допускается применять приставку во втором множителе произведения или в знаменателе лишь в обоснованных случаях, когда такие единицы широко

распространены и переход к единицам, образованным в соответствии с первой частью пункта, связан с большими трудностями, например тонна-километр ($\text{т}/\text{км}$), ватт на квадратный сантиметр ($\text{Вт}/\text{см}^2$), вольт на сантиметр ($\text{В}/\text{см}$).

Наименование кратных и дольных единиц от единицы, возвведенной в степень, следует образовывать путем присоединения приставки к наименованию исходной единицы, например для образования наименований кратной или дольной единицы от единицы площади — квадратного метра, представляющей собой вторую степень единицы длины — метра. Приставку следует присоединять к наименованию этой последней единицы: квадратный километр, квадратный сантиметр и т. д.

Выбор десятичных кратных и дольных единиц от единиц СИ диктуется прежде всего удобством их применения. Из многообразия кратных и дольных единиц, которые могут быть образованы при помощи приставок, выбирают единицу, приводящую к числовым значениям величины, приемлемым на практике.

В принципе кратные и дольные единицы выбирают таким образом, чтобы числовые значения величины находились в диапазоне от 0,1 до 1000.

В некоторых случаях целесообразно применять одну и ту же единицу кратную или дольную, даже если числовые значения выходят за пределы диапазона от 0,1 до 1000, например в таблицах числовых значений для одной величины или при сопоставлении этих значений в одном тексте.

Рекомендации по выбору кратных и дольных единиц от единиц СИ даны в ГОСТ 8.417—81.

Для снижения вероятности ошибок при расчетах десятичные кратные и дольные единицы рекомендуется подставлять только в конечный результат, а в процессе вычислений все величины выражать в единицах СИ, заменяя приставки степенями числа 10.

В формулах обозначения символов и числовых коэффициентов необходимо применять в соответствии с установленными стандартами. Их значения должны быть приведены непосредственно под формулой.

Каждое значение дают с новой строки в той последовательности, в которой они приведены в формуле. Первая строка расшифровки должна начинаться со слова «где». После формулы ставят запятую. Двоеточие после слова «где» не ставят, например

$$q = Bv_k Q_p / 36\,000,$$

где q — расчетная подача, кг/с;

B — ширина захвата, м;

v_k — скорость движения комбайна, км/ч;

Q_p — масса срезаемой растительной массы, кг/га.

В пояснениях обозначений величин к формулам допускается применять обозначения единиц без числовых значений.

Размещение обозначений единиц в одной строке с формулами, выражающими зависимости между величинами или их числовыми значениями, представленными в буквенной форме, не допускается:

Правильно:

$$v = 3,6 \text{ } S/t,$$

где v — скорость, км/ч;

S — путь, м;

t — время, с.

Неправильно:

$$v = 3,6 \text{ } S/t \text{ км/ч},$$

где S — путь в м;

t — время в с.

Буквенные обозначения единиц, входящих в произведение, следует отделять точками на средней линии, как знаками умножения. В машинописных текстах допускается точку не поднимать.

Правильно:

$\text{Н} \cdot \text{м}$

$\text{A} \cdot \text{м}^2$

$\text{Па} \cdot \text{с}$

Неправильно:

Нм

Ам^2

Пас

Допускается буквенные обозначения единиц, входящих в произведение, отделять пробелами, если это не приводит к недоразумению.

Формулы в тексте следует записывать в красную строку. Выше и ниже каждой формулы должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не умещается в одну строку, оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков (+), минус (—), умножения (×) и деления (:). Если подряд следует несколько уравнений, формул или расчетов по этим формулам, то

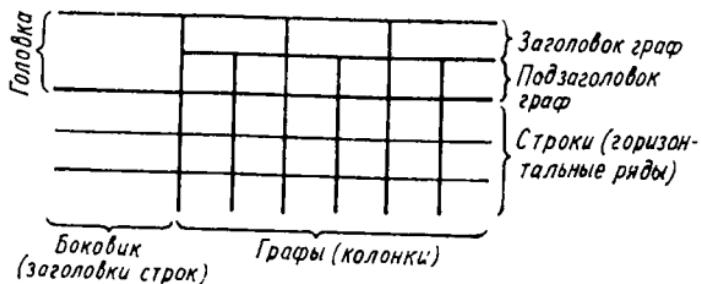


Рис. 35. Структурная схема построения таблицы

в конце каждого из них ставят точку с запятой, а после последнего — точку.

Все формулы, если их в записи более одной и есть ссылки на них, нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела. Номер формулы указывают в круглых скобках с правой стороны листа на уровне формулы. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например (3.2).

Допускается нумерация формул в пределах всей записи.

Для удобства изложения и чтения пояснительной записи цифровые и другие данные рекомендуется помещать в таблицы. Структура таблицы должна соответствовать приведенной на рис. 35. Размеры таблицы выбирают произвольно в зависимости от помещаемого материала. Горизонтальные линии в таблице проводить не рекомендуется. Если таблица разбита на строки, то высота их должна быть не менее 8 мм. Записи в строках производят в один ряд. Строки граф не должны быть пустыми.

Таблица должна иметь головку и боковик. В головке таблицы помещают заголовки и подзаголовки граф. Диагональное деление головки таблицы не допускается. Заголовки и подзаголовки граф выполняют строчными буквами (кроме первой прописной). Если подзаголовок составляет одно предложение с заголовком, то его начинают со строчной буквы. В конце заголовков и подзаголовков знаки препинания не ставят. Заголовки записывают в единственном числе.

Для сокращения текста заголовков и подзаголовков отдельные понятия, если они пояснены в тексте или приведены на иллюстрациях, разрешается заменять буквенными обозначениями, например L — длина. Показатели с одним и тем же буквенным обозначением группируют последовательно, в порядке возрастания индексов, например L_1 , L_2 .

В боковике таблицы помещают наименование показателей, параметров и другие данные для граф. Текст строк боковика выполняют строчными буквами (кроме первой прописной).

Отдельную графу «№ п/п» вводить не разрешается. При необходимости нумерации показателей, параметров или других данных порядковые номера указывают в боковике таблицы перед их наименованием.

Повторяющийся текст в графах (при отсутствии горизонтальных линий) допускается:

если он состоит из одного слова — заменять кавычками;

если он состоит из двух и более слов, то при первом повторении заменять словами «то же», а далее — кавычками;

если повторяется лишь часть фразы, то эту часть заменять словами «то же» с добавлением дополнительных сведений;

если значение параметра одинаково для нескольких строк, указывать его один раз (на уровне средней строки).

Ставить кавычки вместо повторяющихся цифр, марок, знаков, математических и химических символов не допускается. Если цифровые или иные данные в графах не приводят, необходимо ставить прочерк. Если наименование в боковике записано в несколько строк, то в соседних графах нормы (количество), выраженные в числовом значении, записывают на уровне последней строки, текстовой материал начинают на уровне первой строки.

Цифры в графах располагают так, чтобы классы чисел были один под другим, а числовые величины имели одинаковое количество десятичных знаков.

Дробные числа приводят в виде десятичных дробей, за исключением размера в дюймах, которые записывают по типу $3/4"$.

Слова «более, не более, менее, не менее, в пределах» при указании ограничительных норм помещают в боковике или в заголовке графы рядом с наименованием соответствующего параметра или показателя после единицы измерения, отделяя запятой.

При указании последовательных интервалов величин, охватывающих все величины ряда, перед величинами пишут «от, св., до», например «от 0 до 7, св. 7, до 12». В интервалах, охватывающих не все величины ряда, между величинами предпочтительно ставить тире, например 22—27. Пределы размеров указывают от меньших к большим.

Числовые величины должны быть выражены в соответствующих единицах измерения. Вводить отдельную графу «Единица измерения» не допускается. Обозначения единиц помещают:

над таблицей, если все параметры имеют одинаковую единицу измерения;

в заголовках граф, если все параметры в графе имеют одинаковую единицу измерения;

над таблицей, если преобладающая часть граф имеет параметры с одинаковой единицей измерения; обозначение единиц других параметров дают в заголовках соответствующих граф;

в боковике рядом с наименованием параметра, отделяя их запятой, если все параметры в строке имеют одинаковую единицу измерения.

Условное обозначение угловых величин (градусы, минуты, секунды) при числовых значениях проставляют в каждой строке, при отсутствии горизонтальных линий указывают только в первой.

Таблицы, если их в пояснительной записке больше одной, должны иметь порядковые номера. Нумерация ведется в пределах раздела арабскими цифрами без знака №. Номер таблицы должен состоять из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой, например «Таблица 2.3». Допускается сквозная нумерация таблиц.

Если текст записки не разбит на разделы, то таблицам присваивают порядковые номера в пределах всей записки, например «Таблица 5». Если в записке только одна таблица, номер ей не присваивают и слово «Таблица» не пишут.

Надпись «Таблица 5» помещают над правым верхним углом таблицы и не подчеркивают. Слово «Таблица» выполняют строчными буквами (кроме первой прописной).

В необходимых случаях таблица может иметь заголовок. Его выполняют строчными буквами (кроме первой прописной) и помещают над таблицей посередине. Заголовок должен быть кратким и полностью отражать содержание таблицы. Если таблица имеет заголовок, то надпись «Таблица» помещают над заголовком.

При переносе таблицы на следующий лист головку повторяют и над ней пишут «Продолжение табл. ...» с указанием номера, например «Продолжение табл. 2.3».

Таблицы с большим количеством граф делят на части и помещают одну часть под другой, указывая над последующими частями слова «Продолжение табл. ...». Заголовок в этом случае помещают только над первой частью таблицы.

Для пояснения излагаемого текста допускается его иллюстрировать графиками, диаграммами, схемами, чертежами и пр. Для иллюстрации внешнего вида изделий и работ, связанных с заготовлением и эксплуатацией изделий, рекомендуется использовать фотоснимки с натуры. Иллюстрации, помещаемые в тексте, именуются рисунками.

Рисунки, если их больше одного, должны иметь порядковые номера. Нумерация ведется в пределах раздела арабскими цифрами. Номер рисунка состоит из номера раздела и порядкового номера рисунка в разделе, разделенных точкой. Допускается сквозная нумерация рисунков. Слово *рисунок* пишут сокращенно с указанием номера, например «Рис. 1.4». Если текст не разбит на разделы, то рисункам присваивают порядковые номера в пределах всей записи, например «Рис. 1, Рис. 2». Если в записи только один рисунок, номер его не указывают. Подпись «Рис. 2» помещают под рисунком.

Рисунок, если этого требует изложение текста, может иметь наименование, а при необходимости и пояснительные данные (подрисуночный текст). Наименование помещают над рисунком в виде заголовка и выполняют строчными буквами (кроме первой

прописной), пояснительные данные — под рисунком. В этом случае номер рисунка помещают ниже пояснительных данных.

Надписи на рисунках выполняют чертежным шрифтом с размером букв и цифр, принятым в тексте документа.

Выполнение диаграмм, графиков, чертежей и схем, являющихся иллюстрациями, должно соответствовать требованиям стандартов ЕСКД.

Рисунок, как правило, следует размещать после первого упоминания его в тексте. Если в разделе рисунков несколько, разрешается помещать их по порядку номеров в конце раздела или оформлять в виде приложений. Если после ссылки на рисунок идет рассмотрение иллюстрируемого материала, то в повествовании слово «рисунок» пишут без сокращения и номера, например «Как видно из *рисунка...*».

Результаты научно-исследовательской работы при выполнении курсового или дипломного проектирования оформляются часто в виде диаграмм. ГОСТ 2.319—81 устанавливает правила выполнения диаграмм, изображающих функциональную зависимость двух или более переменных величин в системе координат. Может применяться как прямоугольная система координат, так и полярная.

В *прямоугольной* системе координат независимую переменную необходимо откладывать на горизонтальной оси (оси абсцисс).

Положительные значения величин откладывают на осях, как правило, вправо и вверх от точки начала отсчета. При выполнении диаграмм в системе трех координат (пространственной) функциональные зависимости следует изображать в аксонометрической проекции по ГОСТ 2.317—69.

В *полярной* системе координат начало отсчета углов (0°) должно находиться на горизонтальной или вертикальной оси.

Положительное направление угловых координат должно соответствовать направлению вращения против часовой стрелки.

Шкалы. Значения величин, связанных изображаемой функциональной зависимостью, откладывают на осях координат, используемых в виде шкал. В диаграммах, изображающих несколько функций различ-

ных переменных, а также в диаграммах, в которых одна и та же переменная должна быть выражена одновременно в различных единицах, допускается использовать в качестве шкал координатные оси, линии координатной сетки, ограничивающие поля диаграммы, а также прямые, расположенные параллельно координатным осям.

Координатные оси, используемые как шкалы значений изображаемых величин, должны быть разделены на графические интервалы одним из следующих способов: координатной сеткой, делительными штрихами, сочетанием координатной сетки и делительных штрихов.

Величину графического интервала (расстояния между делительными штрихами или линиями координатной сетки) необходимо выбирать с учетом назначения диаграммы и удобства отсчета с интерполяцией.

Частоту нанесения промежуточных делений шкал выбирают с учетом удобства пользования диаграммой. Делительные штрихи, соответствующие кратным графическим интервалам, допускается удлинять.

Расстояние между штрихами или линиями координатной сетки должно соответствовать требованиям репрографии.

Масштаб. Значения переменных величин откладываются в линейном или логарифмическом масштабе изображения.

Масштаб, который может быть разным для каждого направления координат, выражается шкалой значений откладываемой величины. Допускается оси координат заканчивать стрелками, указывающими направления возрастания значений величин. Их наносят за пределами шкал. Допускаются самостоятельные стрелки, наносимые после обозначения величины — параллельно оси координат.

Диаграммы для информационного изображения функциональных зависимостей допускается выполнять без шкал значений величины. Стрелки выполняют по ГОСТ 2.307—68. Величины элементов стрелок выбирают в зависимости от толщины линий осей координат. Диаграммы без шкал следует выполнять во всех направлениях координат в линейном масштабе изображения.

Числа. Рядом с делениями сетки или делительными штрихами, соответствующими началу и концу шкалы, должны быть указаны соответствующие числа (значения величин). Если началом отсчета шкал является нуль, его указывают один раз у точки пересечения шкал.

Частоту нанесения числовых значений выбирают с учетом удобства пользования диаграммой. Числа у шкал следует располагать горизонтально, вне поля диаграммы. Допускается при необходимости наносить числа у шкал внутри поля диаграммы.

Многозначные числа предпочтительно выражать как кратные 10^n , где n — целое число. Коэффициент 10^n указывают для данного диапазона шкалы. В случаях, когда в диаграмме функциональная зависимость трех переменных изображается системой линий, соответствующие числовые значения (параметры) переменной величины указываются у отдельных линий системы на поле диаграммы или вне поля диаграммы — там, где не нанесена шкала.

Линии. Диаграммы выполняют линиями по ГОСТ 2.303—68.

Оси координат и шкал, ограничивающие поле, выполняют сплошной толстой основной линией — $S = 0,5—1,4$ мм. Толщину основной линии выбирают с учетом размера, сложности и назначения диаграммы.

Линии координатной сетки и делительные штрихи наносят сплошной тонкой линией — $S/3$ до $S/2$. Для удобства выполнения и чтения диаграммы допускается линии сетки, соответствующие кратным графическим интервалам, наносить линией толщиной от S до $2S$.

Изображение функциональной зависимости выполняют основной линией толщиной $2S$. Если необходимо обеспечить требуемую точность отсчета, допускается показывать функциональную зависимость линией меньшей толщины (основной или тонкой).

Если в одной диаграмме изображаются две и более функциональные зависимости, допускается выполнять их линиями различных типов по ГОСТ 2.303—68 (например, сплошной и штриховой), причем толщина штриховой линии может равняться толщине основной линии. При наличии на диаграмме пучков или серий линий допускается применять в них

линии различной толщины и различных типов, если этим обеспечивается удобство пользования диаграммой.

Линии пучка, выходящие из одной точки или пересекающиеся в одной точке под небольшими углами, необходимо вычерчивать у места пересечения разомкнутыми, за исключением крайних.

Если в каком-либо месте диаграммы происходит наложение двух и более линий, то их совмещают и вычерчивают одну из них. При совпадении линии, изображающей функциональную зависимость, с осью координат или линией сетки вычерчивают линию функциональной зависимости.

Зону между линиями функциональных зависимостей допускается выделять штриховкой по ГОСТ 2.306—68.

Характерные точки линий функциональной зависимости (т. е. обозначенные числами, буквами, символами) допускается изображать кружком.

Соединения характерных точек функциональной зависимости со шкалой или функциональных зависимостей между собой необходимо выполнять сплошными тонкими линиями, а при наличии на диаграмме координатной сетки — штриховыми линиями толщиной $S/2$.

На шкалах для характерных точек допускается наносить числовые значения величин. Необходимые размеры, координирующие положения характерных точек, наносят в соответствии с требованиями ГОСТ 2.307—68.

Точки диаграммы, полученные путем измерения или расчетов, обозначают графически, например кружком, крестиком и т. п. Обозначения таких точек должны быть разъяснены под диаграммой или на свободном месте поля диаграммы.

Переменные величины указывают одним из следующих способов: символом, наименованием, наименованием и символом, математическим выражением функциональной зависимости.

В диаграммах со шкалами обозначения величин размещают у середины шкалы с ее внешней стороны, а при объединении символа с обозначением единицы измерения в виде дроби — в конце шкалы после последнего числа.

В диаграмме без шкал обозначения величин необходимо помещать вблизи стрелки, которой заканчивается ось.

Обозначения в виде символов и математических выражений следует располагать горизонтально, а в виде наименований или наименований и символов — параллельно соответствующим осям.

В диаграммах, изображающих две и более функциональные зависимости, возле их линий допускается проставлять наименования или (и) символы соответствующих величин или порядковые номера. Символы и номера должны быть разъяснены под диаграммой или на свободном месте поля диаграммы.

Единицы измерения следует наносить одним из следующих способов: в конце шкалы — между последним и предпоследним числами шкалы; при недостатке места допускается не наносить предпоследнее число; вместе с наименованием переменной величины после запятой; в конце шкалы после последнего числа вместе с обозначением переменной величины в виде дроби, в числителе которой наносят обозначение переменной величины, а в знаменателе — обозначение единицы измерения.

Единицы измерения углов (градусы, минуты, секунды) следует наносить один раз — у последнего числа шкалы. При необходимости допускается их наносить у каждого числа шкалы.

Диаграмма может иметь наименование, которое должно соответствовать содержанию изображения функциональной зависимости, а также разъяснения применяемых в диаграмме обозначений (поясняющие данные).

Наименование пишут над диаграммой, поясняющие данные — под диаграммой.

Свободное поле в диаграммах не допускается. Если показатели диаграмм не занимают всей ее площади, то делают разрыв, сохраняя при этом начало координат.

Пересечение надписей и линий не допускается.

В тексте при необходимости дают ссылки на использованные источники, иллюстрации, таблицы, формулы и приложения.

Использованные источники (книги, статьи, документы) указывают в скобках. В скобках запи-

сывают порядковый номер источника по мере появления его в тексте, а сам источник под этим номером заносят в список использованных источников, помещаемый в конце документа.

Если ссылки на иллюстрации, таблицы и приложения имеют порядковые номера, то их дают по типу: рис. 1.2, табл. 3.4, прил. 2. Если они не имеют номеров, записывают полностью, например рисунок, таблица, приложение. В повторных ссылках на иллюстрации, таблицы и приложения указывают сокращенное слово «смотри», например «см. табл. 4.8».

Ссылки на формулу дают по типу «формула (2.1)».

Допускаются ссылки на стандарты (кроме стандартов предприятий), технические условия и другие документы (например, документы органов Государственного надзора, правила и нормы Госстроя СССР) при условии, что они полностью и однозначно определяют соответствующие требования и не вызывают затруднений в пользовании документами.

Ссылки на стандарты предприятия дают в документах, используемых на данном предприятии.

При указании на использование какого-либо нормативно-технического документа (НТД) необходимо ссылаться на документ в целом или на его разделы.

При ссылках на стандарты и технические условия указывают только их обозначения, при ссылках на другие документы — наименование документа. При ссылке на раздел или приложение указывают его номер и наименование, при повторных ссылках — только номер.

В примечаниях к тексту и таблицам указывают только справочные или поясняющие данные. Примечания к таблицам размещают под таблицами. Помещать примечания в вводной части документа не допускается.

Текст примечания начинают с абзаца словом «Примечание». Если примечаний несколько, то после слова «Примечания» ставят двоеточие, а примечания нумеруют арабскими цифрами:

Примечания:

1. Примечание в основном тексте помещают с абзаца, текст примечания обычно мельче основного шрифта.

2.

3.

и т. д.

Источники, использованные в выполненной работе, включают в список, в который могут входить книги, части произведений, статьи, нормативно-технические документы (НТД), техническая и патентная документация, рецензии, рефераты, отчеты о научно-исследовательской работе. Запись в список производят последовательно в порядке появления ссылок.

Сведения о книгах должны включать фамилию и инициалы автора, заглавие книги, место издания, издательство (при необходимости), год издания, том (при необходимости).

В сведениях об авторе приводят фамилию автора и его инициалы (или имя и отчество). Фамилию автора следует указывать в именительном падеже. Если книга написана двумя и более авторами, то их фамилии указывают в той последовательности, в какой они напечатаны в книге; перед фамилией последующего автора ставят запятую. При наличии трех и более авторов допускается указывать фамилию и инициалы первого из них и словосочетание «и др.».

Заглавие книги приводят в том виде, в каком оно дано на ее титульном листе.

Наименование места издания указывают полностью в именительном падеже; допускается сокращение названия только двух городов: Москва (М.) и Ленинград (Л.).

Пример: Лурье А. Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. — Л.: Колос, 1981.

Если в книге указаны два места издания, то их приводят в той последовательности, в какой они даны на титульном листе, например Москва; Новосибирск. При наличии трех и более мест издания записывают название города, который на титульном листе указан первый (или выделен полиграфическим способом), и словосочетание «и др.» — для книг на русском языке, «*ets*» — для книг на языках, написанных латинским алфавитом. При отсутствии сведений о месте изданий следует употреблять слова: Б. м. (без места) и S. l. (*Sine loco*).

При наличии двух издательств приводят наименование обоих, при наличии трех — указывают наименование первого (или выделенного полиграфиче-

ским способом) со словосочетанием «и др.». При отсутствии сведений об издательстве допускается употреблять слова: Б. и. (без издательства).

Год издания обозначают арабскими цифрами, при этом слово «год» не пишется. При отсутствии сведений о году издания следует писать слова: Б. г. (без года).

Статьи могут быть из газеты, журнала, продолжающегося издания, сборника, собрания сочинений.

Сведения о статье должны включать наименование газеты, журнала, сборника; орган издания; место издания; год издания; число и месяц (для газет); заглавие статьи (при необходимости); сведения о серии (если имеется); номер; выпуск; том (для журналов, сборников); страницы, на которых помещена статья (кроме газет объемом в шесть и менее страниц).

Сведения о стандартах или технических условиях должны включать обозначение документа, основное заглавие.

Пример: ГОСТ 10791—81. Колеса цельнокатные. Технические условия; ГОСТ 2.702—75. Правила выполнения электрических схем.

Сведения об отчете должны включать заглавие отчета (после заглавия приводят слово «Отчет»); наименование организации, выпустившей отчет; фамилию и инициалы руководителя научно-исследовательской работы; регистрационный и инвентарный номера; город и год составления отчета.

Иллюстрационный материал, таблицы, текст вспомогательного характера, схемы, габаритные чертежи и др. могут быть оформлены в виде приложения, их нумеруют сквозной нумерацией арабскими цифрами без знака №, например «Приложение 1, Приложение 2» и т. д. Все приложения должны быть перечислены в содержании.

В тексте записи обязательно должны быть ссылки на приложения. Если приложение не имеет номера, то при ссылке его записывают полностью; если имеет номер — сокращенно, например «...в приложении, ...прилож. 2».

Приложения к записке могут быть обязательными, рекомендуемыми и справочными.

Каждое приложение должно начинаться с нового

листа (страницы) с указанием в правом верхнем углу первого листа слова Приложение без кавычек. Слова, определяющие степень обязательности приложения (обязательное, рекомендуемое, справочное), выполняют строчными буквами (кроме первой прописной) под словом «Приложение». При необходимости приложение может иметь заголовок, который записывают симметрично тексту прописными буквами под словом «Приложение».

Текст, иллюстрации и таблицы в приложениях оформляют по установленным правилам. Иллюстрации и таблицы нумеруют в пределах каждого приложения и, как правило, выполняют на листах формата А4. Допускается приложения оформлять на листах формата А3, А2, А1 по ГОСТ 2.301—68.

Приложения оформляют:

как продолжение записки, при этом приложения должны иметь сквозную нумерацию страниц, общую с запиской;

в виде отдельного документа; в этом случае приложения оформляют по общим правилам и оно может иметь содержание.

3. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КУРСОВЫХ РАБОТ И ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

3.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Большое разнообразие выпускаемых и проектируемых средств вычислительной техники ставит перед пользователями ряд задач. Эти задачи включают в себя привитие пользователям основных навыков работы с ЭВМ, а именно умение разрабатывать алгоритм задач и основные блок-схемы, а также программировать на одном из языков высокого уровня (ФОРТРАН, ПАСКАЛЬ, БЕЙСИК и др.). Если процедуры алгоритмизации и разработки блок-схем и задач не зависят от типа ЭВМ, то программирование требует знания языка программирования,

т. е. процедур, языком которых описан алгоритм решения задачи, воспринимаемой конкретной ЭВМ в соответствии с правилами ее операционной системы. Операционная же система в свою очередь представляет собой также программный комплекс, управляющий работой всех технических и вспомогательных средств ЭВМ.

Таким образом, перед пользователем ЭВМ, который обладает навыками алгоритмизации, составлением блок-схем и программированием на одном из алгоритмических языков, встает задача установления особенностей, присущих тому классу ЭВМ, с которым ему предстоит работать.

Особенность использования средств вычислительной техники в изучении разделов дисциплины «Сельскохозяйственные и мелиоративные машины» заключается в том, что они должны найти применение как в решении инженерных задач, связанных с определением параметров машин и агрегатов, режимов их работы, оценки качества, так и в расчетах, реализация которых требует обращения к большим массивам нормативно-справочной информации, размещенных для этих целей в информационно-справочных подсистемах. Отдельный класс составляют задачи, решаемые с использованием методов имитационного моделирования и статистической динамики.

Все три группы задач предусматривают использование средств вычислительной техники различной мощности и оснащенных соответствующим программным обеспечением.

В качестве примеров использования вычислительной техники при решении задач курсового и дипломного проектирования по сельскохозяйственным машинам предлагаются программы, написанные на языках ПАСКАЛЬ, ФОРТРАН применительно к отечественным персональным ЭВМ типа ЕС 1840/41, «Искра 1030», а также зарубежным — типа IBM PC/XT/AT. Эти программы использованы для следующих расчетов:

закономерности изменения углов наклона образующих к стенке борозды для рабочей поверхности корпуса плуга;

кинематического показателя режима работы фрезы;

диапазона регулирования скоростей питающего транспортера навозоразбрасывателя;

ширины рассева минеральных удобрений разбрасывателем с центробежными аппаратами;

рабочего объема высевающего аппарата рядовой сеялки;

напора рабочей жидкости в системе нагнетания штангового опрыскивателя;

параметров нормального распределения случайных величин;

оценок вероятностных характеристик процессов при работе сельскохозяйственных машин и агрегатов;

взаимной корреляционной функции двух случайных процессов;

идентификации линейных моделей объектов с получением уравнения регрессии и передаточной функции;

показателя качества работы машин в виде вероятности сохранения заданного допуска.

Алгоритмы первых шести программ разработаны в соответствии с методиками, изложенными в курсе сельскохозяйственных машин [4], [5], [8], [11], остальных — в настоящем пособии.

3.2. ПРОГРАММЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВЫХ РАБОТ И ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ

1. Программа на языке ПАСКАЛЬ для ПЭВМ «Поиск закономерности $Q=F(Z)$ изменения углов наклона Q , образующих к стенке борозды для рабочей поверхности корпуса плуга»:

а) рабочей поверхности культурного типа:

```
program pp33(input,output);
uses Crt,Dos,Graph;
const
  nn=100;
type
  ind=1..nn;
  mas=array[ind] of real;
var
  Q: mas;
  i,i1,i2,i3:integer;
  Q0,Qmin,Qmax,Z1,Zmax,dz1,dz2,zn,z:real;
  lft:text;

begin
  assign(lft,'pp3.dat');
  rewrite(lft);
  writeln(' ВВЕДИТЕ :Q0,Qmin,Qmax');
  readln(Q0,Qmin,Qmax);
  writeln(' ВВЕДИТЕ :Z1,Zmax,DZ1,DZ2');
  readln(Z1,Zmax,DZ1,DZ2);
  ZN:=0.0; Z:=ZN;
  i:=0;
  while (Z < Z1) do
    begin
      i:=i+1;
      Q[i]:=Qmin+(Z-Z1)*(Q0-Qmin)/(ZN-Z1);
      Z:=Z+DZ1;
    end;
  i1:=i+1;
  Z:=Z1;
  while ( Z <= Zmax) do
    begin
      i:=i+1;
      Q[i]:=Qmin+(((Zmax-Z1)*(Zmax-Z1)+100)
                    *(Qmax-Qmin)*(Z-Z1)*(Z-Z1))/((Zmax-Z1)
                    *(Zmax-Z1)*((Z-Z1)*(Z-Z1)+100));
      Z:=Z+DZ2;
    end;
  i2:=i-i1; i3:=i;
```

{ ПЕЧАТЬ }

```
writeln; writeln;
write(' ПОИСК ЗАКОНОМЕРНОСТИ Q = F(Z)');
writeln(' ИЗМЕНЕНИЯ');
write(' УГЛОВ НАКЛОНА Q ОБРАЗУЮЩИХ ');
writeln(' К СТЕНКЕ БОРОЗДЫ');
write(' ДЛЯ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ');
writeln(' КОРПУСА ПЛУТА');
writeln(' КУЛЬТУРНОГО ТИПА');
writeln;
writeln(' ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ');
writeln;
write(' Q0=`,Q0:7:2,` Qmin=`,Qmin:7:2);
writeln(' Qmax=`,Qmax:7:2);
writeln;
writeln(' ЗАВИСИМОСТЬ Q = F(Z)');
writeln(' -----');
writeln;
writeln(' Z OT 0  ДО`,Z1:7:2,` ,i1:3,
      '-ТОЧЕК,` ,` ШАГ-`,DZ1:7:2);
writeln;
for i:=1 to i1 do
  if (i mod 6) = 0 then
    writeln(Q[i]:7:2)
  else
    write(Q[i]:7:2);
writeln;
writeln(' Z OT`,Z1:7:2,` ДО`,Zmax:7:2,` ,
      i2:3,` - ТОЧЕК,` ,` ШАГ-`,DZ2:7:2);
writeln;
for i:=i1 to i3 do
  if ((i-(i1-6)+1) mod 6) = 0 then
    writeln(Q[i]:7:2)
  else
    write(Q[i]:7:2);
close(lft);
end.
```

б) для рабочей поверхности полувинтового типа:

```
program pp22(input,output);
  uses Crt,Dos,Graph;
  const
    nn=100;
  type
    ind=1..nn;
    mas=array[ind] of real;
  var
    Q: mas;
    i,i1,i2,i3:integer;
    Q0,Qmin,Qmax,Z1,Zmax,dz1,dz2,zn,z:real;
    lft:text;

begin
  assign(lft,'pp2.dat');
  rewrite(lft);
  writeln(' ВВЕДИТЕ :Q0,Qmin,Qmax');
  readln(Q0,Qmin,Qmax);
  writeln(' ВВЕДИТЕ :Z1,Zmax,DZ1,DZ2');
  readln(Z1,Zmax,DZ1,DZ2);
  ZN:=0.0;  Z:=ZN;
  i:=0;
  while (Z < Z1) do
    begin
      i:=i+1;
      Q[i]:=Qmin+((Z-Z1)*(Z-Z1))*(Q0-Qmin)/
          ((ZN-Z1)*(ZN-Z1));
      Z:=Z+DZ1;
    end;
  i1:=i+1;
  Z:=Z1;
  while ( Z <= Zmax) do
    begin
      i:=i+1;
      Q[i]:=Qmin+((Z-Z1)*(Z-Z1))*(Qmax-Qmin)/
          ((Zmax-Z1)*(Zmax-Z1));
      Z:=Z+DZ2;
    end;
  i2:=i-i1; i3:=i;
```

```

{ ПЕЧАТЬ }

writeln;
writeln(' ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ');
writeln(' -----');
writeln;
writeln(' Q0= ',Q0:7:2,' Qmin= ',Qmin:7:2);
write(' Qmax= ',Qmax:7:2);
writeln; writeln;
writeln(' ЗАВИСИМОСТЬ Q = F(Z)');
writeln(' -----');
write(' ДЛЯ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ');
writeln(' ПОЛУВИНТОВОГО ТИПА');
writeln(' -----');
writeln;
writeln;
writeln(' Z ОТ 0 ДО ',Z1:7:2,' , ',i1:3,' -ТОЧЕК');
writeln(' ', ' ШАГ-',DZ1:7:2);
for i:=1 to i1 do
  if (i mod 6) = 0 then
    writeln(Q[i]:7:2)
  else
    write(Q[i]:7:2);
writeln; writeln;
write(' Z ОТ ',Z1:7:2,' ДО ',Zmax:7:2,' , ');
writeln(i2:3,' - ТОЧЕК');
writeln(' ', ' ШАГ-',DZ2:7:2);
for i:=i1 to i3 do
  if ((i-(i1-6)+1) mod 6) = 0 then
    writeln(Q[i]:7:2)
  else
    write(Q[i]:7:2);
close(lft);
end.

```

2. Программа на языке ПАСКАЛЬ для ПЭВМ
«Расчет kinематического показателя режима работы фрезы»:

```
program pp11(input,output);
uses dos;
var
  lft:text;
  h2:array[1..2] of real;
  pk:array[1..2] of real;
  r,nz,vm,sm:real;
  hmin,hmax:real;
  i:integer;
function arcsin(x:real):real;
begin
  arcsin:=x+sqr(x)/6+3*x*sqr(x)*sqr(x)/
    40+5*x*sqr(x)*sqr(x)*sqr(x)/112;
end;
begin
  assign(lft,'pp1.dat');
  rewrite(lft);
  writeln('введите R-радиус',
    ', z-число ножей, ');
  writeln('H-средняя высота гребешков',
    ', СКО-ср.кв.откл. ');
  readln(r,nz,vm,sm);
  h2[1]:=vm+sm;
  h2[2]:=vm-sm;
  for i:=1 to 2 do
    begin
      pk[i]:=r*(pi*(0.5+1./nz)
        -arcsin(1-h2[i]/r));
      pk[i]:=pk[i]/sqrt(2*r*h2[i]
        -h2[i]*h2[i]);
    end;
  hmin:=vm-3*sm;
  hmax:=vm+3*sm;
  writeln;
  writeln('Радиус барабана',
    ', R=',r:8:3);
  writeln('Число ножей',
    ', Z=',nz:8:3);
  writeln('Средняя высота гребешков',
    ', H=',vm:8:3);
```

```
writeln('Среднее кв. отклонение ',  
       'СКО=',sm:8:3);  
writeln;  
writeln('мин.высота гребешков ',  
       'HMIN=',hmin:8:3);  
writeln('макс.высота гребешков ',  
       'HMAX=',hmax:8:3);  
writeln;  
writeln('Диапазон изменения ',  
       'показателя кинематического');  
writeln('режима для фрезы при прямом ',  
       'вращении барабана');  
writeln;  
writeln(pk[1]:8:3,' - ',pk[2]:8:3);  
close(lft);  
end.
```

3. Программа на языке ПАСКАЛЬ для ПЭВМ
«Вычисление диапазона регулирования скоростей
питающего транспортера навозоразбрасывателя»:

```
program pp44(input,output);
uses dos;
var
  BP,B,H,G,VM,QHMIN,QHMAX,X,VMIN,VMAX:real;
  LFT:text;
begin
  assign(LFT,'pp4.dat');
  rewrite(LFT);
  writeln('введите исходные данные');
  writeln(
    'BP-раб.ширина захвата, B-ширина слоя');
  writeln(
    'H-высота слоя, G-плотность, VM= ');
  writeln('QHMIN,QHMAX-нормы высева');
  readln(BP,B,H,G,VM,QHMIN,QHMAX);
  X:=0.0001*BP*VM/G/H/B;
  VMIN:=X*QHMIN;
  VMAX:=X*QHMAX;

  {печать}

  writeln; writeln('Исходные данные');
  writeln('-----');
  writeln(
    'Рабочая ширина захвата           ВГ: ',BP:8:3);
  writeln(
    'Ширина подаваемого слоя удобрений В= ',B:8:3);
  writeln(
    'Высота слоя                      Н= ',H:8:3);
  writeln(
    'Насыпная плотность удобрения    G= ',G:8:3);
  writeln(
    '                                    VM= ',VM:8:3);
  writeln('Мин.норма высева
           QHMIN= ',QHMIN:8:3);
  writeln('Макс.норма высева
           QHMAX= ',QHMAX:8:3);
```

```
writeln;
writeln('Вычисляемые величины');
writeln('-----');
writeln('Диапазон регулирования скоростей');
writeln(
  'питающего транспортера навозорасбрасывателя');
writeln('при изменении норм высева');
writeln;
writeln('      ', VMIN:8:5,      ', VMAX:8:5);
close(LFT);
end.
```

4. Программа на языке ПАСКАЛЬ для ПЭВМ
«Вычисление ширины рассева минеральных удобрений машиной с центробежными аппаратами»:

```
program pp5 (input,output);
uses dos;
var
  x1,l,kpn,krk,h,va,db,dkp,g:real;
  bp:array[1..100] of real;
  p:array[1..100] of real;
  n,i:integer;
  lft:text;
begin
  assign(lft,'pp5.dat');
  rewrite(lft);
  writeln('введите исходные данные');
  writeln('h- высота установки дисков');
  writeln(
    'l- расстояние между центрами дисков');
  writeln(
    'va- абсолютная скорость ,db-перекрытия');
  writeln(
    'kpn,krk,dkp-коэф. парусности');
  readln(h,l,va,db,kpn,krk,dkp);
  g:=9.8;
  i:=1;
  p[i]:=kpn;
  repeat
    x1:=ln((p[i]*va*sqrt(2*h/g)+1));
    x1:=x1/p[i];
    bp[i]:=2*x1+l-db;
    p[i+1]:=p[i]+dkp;
    i:=i+1
  until p[i] > (krk+0.0001);
  n:=i-1;
  {ПЕЧАТЬ}
  writeln('Вычисление ширины рассева',
    'минеральных удобрений');
  writeln('центробежными аппаратами');
  writeln;
  writeln('Исходные данные');
  writeln('-----');
```

```
writeln(
  'Высота установки дисков           h=',h:8:3);
writeln(
  'Расстояние между центрами дисков  l=',l:8:3);
writeln('Абс.скорость частиц удобрений');
writeln(
  ' в момент схода с диска      va=',va:8:3);
writeln(
  'Перекрытие зон разбрасывателя   db=',db:8:3);
writeln('Коэффициент парусности удобрения');
writeln('от  ',kpn:8:3,' до  ',krk:8:3,
  ' с шагом  ',dkp:8:3);
writeln;
writeln('Коэффи.парусности      Ширина рассева');
for i:=1 to n do
  begin
writeln('      ,p[i]:8:4,
      bp[i]:8:4);
  end;
close(lft);
end.
```

5. Программа на языке ПАСКАЛЬ для ПЭВМ
«Расчет рабочего объема высевающего аппарата ря-
довой сеялки»:

```
program pp66(input,output);
uses Crt,Dos,Graph;
const
  nn=100;
type
  ind=1..nn;
  mas=array[ind] of real;
var
  XI: mas; UO: mas;
  i,n: integer;
  Q,DK,G,E,A,UOK: real;
  LFT:text;

begin
  assign(LFT,'pp6.dat');
  rewrite(LFT);
  writeln(' ВВЕДИТЕ:DK,Q,G,E,A');
  writeln('      DK - ДИАМЕТР КОЛЕСА');
  writeln('      Q - НОРМА ВЫСЕВА');
  writeln('      G - ОБ.ЕМНАЯ МАССА СЕМЯН');
  writeln('      E - КОЭФФИЦИЕНТ СКОЛЬЖЕНИЯ');
  writeln('      A - ШИРИНА МЕЖДУРЯДИЙ');
  readln(DK,Q,G,E,A);
  writeln(
  ' ВВЕДИТЕ ЧИСЛО ПЕРЕДАТОЧНЫХ ОТНОШЕНИЙ: n');
  readln(n);
  writeln(
  ' ВВЕДИТЕ ВЕКТОР ПЕРЕДАТОЧНЫХ ОТНОШЕНИЙ: ');
  for i:=1 to n do
    read(XI[i]);
  UOK:=3.14159*DK*Q*A/(1000*(1-E)*G);
  for i:=1 to n do
    UO[i]:=UOK/XI[i];
  { ПЕЧАТЬ }

  writeln; writeln;
  writeln(' ВЫЧИСЛЕНИЕ РАБОЧЕГО ОБ.ЕМА ',
  ' ВЫСЕВАЮЩИХ АППАРАТОВ');
```

```

writeln(' -----',
       ' -----');
writeln('      ДЛЯ ОСНОВНЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР');
writeln(' -----');
writeln;
writeln(' ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ');
writeln;
writeln('      ДИАМЕТР КОЛЕСА      = ', DK:8:3);
writeln('      НОРМА ВЫСЕВА        = ', Q:8:3);
writeln('      ОБ.ЕМНАЯ МАССА СЕМЯН = ', G:8:3);
writeln('      КОЭФФИЦИЕНТ СКОЛЬЖЕНИЯ = ', E:8:3);
writeln('      ШИРИНА МЕЖДУРЯДИЯ   = ', A:8:3);
writeln;
writeln('      ВЕКТОР ПЕРЕДАТОЧНЫХ ОТНОШЕНИЙ');
writeln;
write(' ');
for i:=1 to n do
  if (i mod 5) = 0 then
    writeln(XI[i]:8:3)
  else
    write(XI[i]:8:3);
writeln;
writeln;
writeln('      НАЖМИТЕ ЛЮБУЮ КЛАВИШУ');
while not KeyPressed do
  i:=i*i-i*i+i div 2-i div 2;
writeln;
writeln;
writeln('      РАБОЧИЕ ОБ.ЕМЫ');
writeln(' -----');
writeln;
for i:=1 to n do
  writeln('      I = ', XI[i]:8:3, '      U0 = ',
          ', U0[i]:8:3);
close(LFT);
end.

```

6. Программа на языке ПАСКАЛЬ для ПЭВМ
«Определение напора рабочей жидкости в системе
нагнетания штангового опрыскивателя»:

```
program pp9(input,output);
uses dos;
const g=9.8;
type mas=array[1..10] of real;
var q,h,qm,q1:mas;
    v,b,xm,d,bb,f0:real;
    n,i,m:integer;
    lft:text;
begin
assign(lft,'pp9.dat');
rewrite(lft);
writeln('ВВЕДИТЕ ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ');
writeln('v,b,n,xm,d-');
writeln(
  'ГДЕ v-СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ, b- ШАГ, ');
writeln('n-КОЛИЧЕСТВО РАСТЫЛИТЕЛЕЙ, ');
writeln(
  'xm-КОЭФ-Т РАСХОДА, d-ДИАМЕТР ОТВЕРСТИЯ. ');
readln(v,b,n,xm,d);
writeln('ВВЕДИТЕ M- КОЛ-ВО НОРМ РАСХОДА');
readln(m);
writeln('ВВЕДИТЕ НОРМЫ РАСХОДА:(q(i),I=1,m)');
for i:=1 to m do read(q[i]);
bb:=b*n;
f0:=3.14159*d*d/4. ;
for i:=1 to m do
begin
  qm[i]:=q[i]*bb*v/600. ;
  q1[i]:=qm[i]/n;
  h[i]:=(q1[i]*q1[i])/(2.*g*(0.06*xm*f0)*
    (0.06*xm*f0));
end;
{ПЕЧАТЬ}
writeln; writeln(
  'ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПОРА ''H'' РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ');
writeln(
  '-----');
writeln('В СИСТЕМЕ НАГНЕТАНИЯ ШТАНГОВОГО ',
  'ОПРЫСКИВАТЕЛЯ');
```

```
writeln('-----',
       -----');
writeln;
writeln('      ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ   ');
writeln; writeln(
      '      РАБОЧАЯ СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ   V= ',v:8:3);
writeln(
      '      ШАГ                                B= ',b:8:3);
writeln(
      '      КОЛИЧЕСТВО РАСПРЫСКИВАТЕЛЕЙ N= ',n);
writeln(
      '      КОЭФФИЦИЕНТ РАСХОДА           = ',xm:8:3);
writeln(
      '      ДИАМЕТР ВЫКОДНОГО ОТВЕРСТИЯ D= ',d:8:3);
writeln; writeln('      НОРМЫ   МИНУТНЫЙ   ',
      '      МИНУТНЫЙ   НАПОР   ');
writeln(
      '      РАСХОДА   РАСХОД   РАСХОД   Н');
writeln('      Q           ЧЕРЕЗ ОДИН');
writeln('           РАСПЫЛИТЕЛЬ');
writeln('      Л/ГА   Л/МИН   Л/МИН',
      '      М');
for i:=1 to m do writeln(q[i]:10:3,qm[i]:10:3,
      ,q1[i]:10:3,h[i]:12:3);
close(lft);
end.
```

7. Программа на языке ФОРТРАН для ПЭВМ
«Расчет параметров нормального распределения»:

```
DIMENSION X(800),X1(800),NI(80),PO(80)
DIMENSION GRKL(81),F(80),B(1),Y(80)
WRITE(5,18)
WRITE(5,401)
401  FORMAT(2x, 'ВВЕДИТЕ П/НОМЕР МАССИВА, ',
* 'КОТОРЫЙ БУДЕМ ОБРАБАТЫВАТЬ (X)', /)
      READ(4,402) NP
402  format(i1)
      WRITE(5,40)
40   FORMAT(2x, 'ВВЕДИТЕ ИМЯ ФАЙЛА, ГДЕ ЗАПИСА',
* 'НЫ ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ. В ВИДЕ: XXX.DAT', /)
      DO 161 J=1,NP
      READ(3,15) N,M,SH,T
15   FORMAT(I4,I3,2F8.3)
      READ(3,16) (X(I),I=1,N)
16   FORMAT(5F8.3)
161  continue
      K=1+3.32*log10(N*1.0)
      XMIN=X(1)
      XMAX=X(1)
      DO 17 I=2,N
      XMIN=AMIN1(X(I),XMIN)
17   XMAX=AMAX1(X(I),XMAX)
      H=(XMAX-XMIN)/K
      WRITE(5,182)
182  FORMAT(2x, 'КУДА ВЫВОДИТЬ РЕЗУЛЬТАТЫ: ',
* 'prn - УСТР.ПЕЧАТИ, con - ЭКРАН', /)
      WRITE(6,18)
18   FORMAT(//,50x, 'ПРОГРАММА RASPR', //,50x,
*15(' - '), //,3X, 'ЗАКОН РАСПРЕДЕЛЕНИЯ', //,
*3X,19(' - '), /)
      WRITE(6,181) N,K,H,SH,XMIN,XMAX
181  FORMAT(2x, 'ОБЩЕЕ ЧИСЛО ТОЧЕК N =', I4,
* /,2X, 'ЧИСЛО КЛАССОВ K =', I4, /,
* 2X, 'КЛАССОВЫЙ ИНТЕРВАЛ H =', F8.3, /,
* 2X, 'МАСШТАБ SH =', F8.3, //,
* 2X, 'MIN ЗНАЧЕНИЕ      =', F8.3, /,
* 2X, 'MAX ЗНАЧЕНИЕ      =', F8.3, /)
```

```

c ГРАНИЦЫ КЛАССОВ И КОЛ-ВО ТОЧЕК В НИХ
  GRKL(1)=XMIN
  GRKL(K+1)=XMAX
  do 2 i=2,K
2   GRKL(i)=GRKL(i-1)+H
  do 3 i=1,N
  do 4 j=1,k
    if(X(i).gt.GRKL(j+1)) goto 4
    NI(j)=NI(j)+1
    goto 3
4   continue
3   continue
c СЕРЕДИНА КЛАССОВОГО ИНТЕРВАЛА
  Y(1)=XMIN+H/2
  do 7 i=2,k
7   Y(i)=Y(i-1)+H
c ЧАСТОТА ПОПАДАНИЯ В КЛАСС.ИНТЕРВАЛ
  do 5 I=1,K
5   PO(I)=NI(I)*1.0/N
c ВЫЧИСЛЕНИЕ СТАТИСТИК
  SMO=0.0
  D=0.0
  ST3=0.0
  ST4=0.0
  DO 12 I=1,K
12  SMO=SMO+Y(I)*PO(I)
  DO 11 I=1,K
  R=Y(I)-SMO
  D=D+R*R*PO(I)
  ST3=ST3+R*R*R*PO(I)/N
  ST4=ST4+(R*R*R*R)*PO(I)/N
11  CONTINUE
  SR=SQRT(D)
  V=SR*100/SMO
  A=ST3/(SR**3)
  E=ST4/D**2
30  FORMAT(33X,'ДЛЯ ПРОДОЛЖЕНИЯ НАЖМИТЕ ',/
* 'ЛЮБУЮ КЛАВИШУ...',/)


```

```
31      FORMAT(F2.0)
        WRITE(6,21) SMO,D,SR,V
21      FORMAT(2X, 'МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБРАЗИЕ',
*10X, '=' ,F10.4,/,2X, 'ДИСПЕРСИЯ',25X,
* '=' ,F10.4,/,2X, 'СРЕДНЕКВАДРАТИЧН',
* 'ОТКЛОНЕНИЕ ',6X, '=' ,F10.4,/,
*2X, 'КОЭФФИЦИЕНТ ВАРИАЦИИ',
*6X, '=' ,F10.4,//)
        WRITE(5,30)
        READ(4,31) B(1)
        B1=ST3*ST3/D**3
        B2=ST4/(D*D)
        WRITE(6,29)
29      FORMAT(2X, 'СЕРЕДИНА КЛ. ЧАСТОТА ',
* 'ПОПАД. ТЕОР.ПЛОТН.',/,
*3X, 'ИНТЕРВАЛА В КЛ.ИНТЕРВАЛ ',
* 'РАСПРЕДЕЛЕНИ.',/)
        XSS=0.0
        DO 9 I=1,K
        F(I)=H*EXP((Y(I)-SMO)**2*(-1)/2/D)/
*SQRT(2*D*3.14159)
        I1=I
        WRITE(6,23) Y(I1),PO(I1),F(I1)
23      FORMAT(4X,F10.4,5X,F10.4,5X,F10.4)
        XSS=XSS+(PO(I)-F(I))**2/F(I)
9       CONTINUE
        XSS=XSS*N
        K2=K-3
        WRITE(5,24) K2
24      FORMAT(/2X, 'ЧИСЛО СТЕПЕНЕЙ СВОБОДЫ K2=',
*1,I3,/,2X, 'ВВЕДИТЕ ПО ТАБЛИЦЕ ',
* 'ЗНАЧЕНИЯ КРИТЕРИЯ В ФОРМАТЕ:+XXX.XXX')
        READ(4,25) XKR
25      FORMAT(F8.3)
        WRITE(6,26) XSS,XKR
26      FORMAT(/2X, 'КРИТЕРИЙ ПИРСОНА =',F8.3,/
*2X, 'КРИТЕРИЙ ТАБЛИЧНЫЙ =',F8.3,/)
        IF(XSS.GT.XKR) GOTO 10
        WRITE(6,27)
27      FORMAT(2X, 'ЗАКОН РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМАЛЕН')
        GOTO 19
19      WRITE(6,28)
```

```
28  FORMAT(2X, 'ГИПОТЕЗА О НОРМАЛЬНОСТИ ',  
* 'РАСПРЕДЕЛЕНИИ ОТВЕРГАЕТСЯ')  
19  CONTINUE  
END
```

8. Программа на языке ФОРТРАН для ПЭВМ
«Расчет оценок вероятностных характеристик процессов при работе с.-х. агрегатов»:

```
dimension X(800),S(80),R(80),W(80)  
dimension SG(80)  
dimension RR(80),SS(80),F(200),XSR(800)  
real*8 D  
integer*4 N  
NF=0  
write(5,12)  
write(5,1)  
1  format(2x, 'ВВЕДИТЕ П/НОМЕР МАССИВА, ',  
* 'КОТОРЫЙ БУДЕМ ОБРАБАТЫВАТЬ (X)',/)  
   read(4,2) NT  
2  format(i1)  
   write(5,16)  
16 format(2x, 'ВВЕДИТЕ ИМЯ МАССИВА (ТИПА',  
* ' XXX.DAT), ГДЕ ЗАПИСАНЫ ИСХОДНЫЕ ',  
* 'ДАННЫЕ',/)  
   do 5 j=1,NT  
   read(3,3) N,M,SH,T  
3  format(i4,i3,2f8.3)  
   read(3,4) (X(i),i=1,N)  
4  format(5f8.3)  
5  continue  
   write(5,6)  
6  format(2x,  
* 'ЧЕРЕЗ СКОЛЬКО ТОЧЕК СЧИТЬВАТЬ (X)',/)  
   read(4,2) NT  
   N=N/NT  
   do 7 i=1,N  
7  X(i)=X(NT*i)*SH  
   write(5,8)  
8  format(2x,  
* '1 - ЪИ ЭТАП - БЕЗ ФИЛЬТРАЦИИ',/)  
   NKR=0  
   M1=M-1  
   NC=1  
   NP=1  
c  ОПРЕДЕЛЕНИЕ MIN,MAX
```

```

XMIN=X(1)
XMAX=X(1)
do 9 i=1,N
XMIN=amin1(X(i),XMIN)
XMAX=amax1(X(i),XMAX)
W1=3.14159/(T*M)

c
c   ПЕЧАТЬ
c
      write(5,122)
122  format(2x, 'КУДА ВЫВОДИТЬ РЕЗУЛЬТАТЫ',
*' prn - УСТРТ.ПЕЧАТИ, con - ЭКРАН',/)
      write(6,12)
12   format(//,50x, 'ПРОГРАММА KORLAN',/,50x
*,16(' - '),/,5x, 'КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ'
*,/,5x,20(' - '),/,5x,20(' - '),/)
      write(6,121) N,M,SH,T,XMIN,XMAX
121  format(2x, 'ОБЩЕЕ ЧИСЛО ТОЧЕК',18x, 'N =' 
*,i5,/,2x,
*'ЧИСЛО КОЭФФИЦИЕНТОВ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ',/, 
*2x, 'ФУНКЦИИ И СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ',
*'   M =',i5,/, 
*2x, 'МАСШТАБ ДАННЫХ',20x, 'SH =' ,f8.3,/, 
*2x, 'ШАГ ДИСКРЕТИЗАЦИИ ПО Т',13x, 'T =' 
*,f8.3,/,2x, 'MIN ЗНАЧЕНИЕ =' ,f8.3, 
*,/2x, 'MAX ЗНАЧЕНИЕ =' ,f8.3,/, 
*4x, '1 - ЫЙ ЭТАП - БЕЗ ФИЛЬТРАЦИИ',/, 
*4x,26(' - ')/)
      SH=1.0
      call STAT(X,N,SH,1,XSR,SMO,D,SR,V)
      D2=0.0
11   format(i2)
      write(5,13)
13   format(2x, 'ХОТИТЕ ИЗМЕНИТЬ ШАГ ПО W:',
*'1-ДА,0-НЕТ',/)
      read(4,2) NNN
      if(NNN.eq.0) goto 22

```

```

        write(5,14)
14      format(2x,'ВВЕДИТЕ НОВОЕ ЗНАЧЕНИЕ ',/
*`ШАГА ПО W (+XXX.XXX)',/)
        read(4,15) W1
15      format(f8.3)
22      continue
        go to 110
25      NP=NP+1
        write(5,26)
26      format(2x,
*`ВВЕДИТЕ КОД ФИЛЬТРА: 1,2,3 ',/)
        read(4,2) NF
        write(5,27)
27      format(2x,
*`ВВЕДИТЕ ПАМЯТЬ ФИЛЬТРА Ф/2 (XX)',/)
        read(4,11) NPF
        FF=0.75/NPF
        D1=D
        NN=-NPF
30      J1=NN+NPF+1
        goto(40,50,60),NF
40      F(j1)=1.0
        goto 70
50      F(j1)=1-abs(NN*1.0/NPF)
        goto 70
60      F(j1)=FF*(1-(abs(NN*1.0/NPF))**2)
70      continue
        if(NN.ge.NPF) goto 80
        NN=NN+1
        goto 30
80      continue
        N2=2*NPF+1
        D2=0.0
        do 100 i=1,N
        XSR(i)=0.0
        j2=i+NPF
        do 90 j=1,N2
        j1=i-1+j
        if(j1.gt.N) j1=j1-N

```

```

90      XSR(i)=XSR(i)+F(j)*X(j1).
      if(NF.eq.1) XSR(i)=XSR(i)/N2
      if(NF.eq.2) XSR(i)=XSR(i)/NPF
      if(j2.gt.N) j2=j2-N
      XSR(i)=X(j2)-XSR(i)
      D2=D2+XSR(i)**2
100     continue
      D2=D2/(N-1)
c      ВЫН. НЕСТАНДАРТНОСТИ
      DD=(D1-D2)*100/D1
c
c      ПЕЧАТЬ
c
      write(6,115) NF,NPF,D2,W1,DD
115      format(//,4x,'ФИЛЬР - ',i2,/,4x,
      *16(' - '),/,2x,'ПАМЯТЬ ФИЛЬРА Ф/2 = '
      *,i4,/,2x,'ДИСПЕРСИЯ ФИЛЬРРОВАННОГО',
      *' ПРОЦЕССА = ',f12.4,/,2x,
      *' ВЫДЕЛЖЕМАЯ ЧАСТЬ W1 = ',f12.4,/,2x,
      *' НЕСТАНДАРТНОСТЬ ПРОЦЕССА = ',f12.4,'%')
c
c      ВЫН. НОРМИРОВАННЫХ ОЦЕНОК КОРР. ФУНКЦИИ
c
110     continue
      if(NF.eq.0) D2=D
      do 130 k=1,M
      N1=N-k+1
      R(k)=0.0
      do 120 i=1,N1
      i1=i+k-1
120      R(k)=R(k)+XSR(i)*XSR(i1)
130      R(k)=R(k)/(N-k)
      do 140 k=2,M
140      R(k)=R(k)/D2
      R(1)=1.0
c
c      ВЫН. ОЦЕНОК СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ
c
      TT=T/3.141593

```

```

do 160 j=1,M
W(j)=(j-1)*W1
SP=0.0
do 150 i=2,M1
150  SP=SP+R(i)*cos(W(j)*t*(i-1))
160  S(j)=T*T*(R(1)+2*SP+R(M)*cos(W(j)*T*
*(M-1)))
c   СГЛАЖИВАНИЕ СПЕКТРА
SG(1)=0.5*S(1)+0.5*S(2)
SG(M)=0.5*S(M-1)+0.5*S(M)
do 170 i=2,M1
170  SG(i)=0.25*S(i-1)+0.5*S(i)+0.25*S(i+1)
c
c   ПЕЧАТЬ
c
171  write(6,171)
      format(/,2x, 'НОРМИРОВАННАЯ КОРРЕЛЯЦИОН',
*'НАЯ ФУНКЦИЯ',/)
      call PCHVN(R,M,5)
      write(6,172) W1
172  format(/,2x, 'ИНТЕРВАЛ ДИСКРЕТИЗАЦИИ',
*'СПЕКТРАЛЬНОЙ',/,22x, 'ПЛОТНОСТИ W1 =',
*,f8.3,/,2x, 'СПЕКТРАЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ',/)
      call PCHVN(S,M,5)
      write(6,173)
173  format(/,2x, 'СГЛАЖЕННЫЙ СПЕКТР',/)
      call PCHVN(SG,M,5)
      do 180 i=1,M
      RR((NP-1)*M+i)=R(i)
180  SS((NP-1)*M+i)=SG(i)
      write(5,181)
181  format(/2x, 'ЗАПИСЫВАТЬ ЗНАЧЕНИЯ КОРРЕ',
*'ЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ'/2x, 'ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШИХ',
*' ВЫЧИСЛЕНИЙ',/,2x, 'ИЛИ АППРОКСИМАЦИИ',
*'АНАЛИТИЧЕСКИМ ВЫРАЖЕНИЕМ',/,
*2x, '1 - ДА, 0 - НЕТ',/)
      read(4,2) NPR
      if(NPR.eq.0) goto 184

```

```
189  write(5,189)
      format(2x,
*`УКАЖИТЕ ИМЯ ФАЙЛА (ТИПА XXX.DAT),',,
*`КУДА БУДУТ ЗАПИСЫВАТЬСЯ ЗНАЧЕНИЯ',/)
      write(2,182) M,SR
182  format(i4,f12.4)
      write(2,183) (R(i),i=1,M)
183  format(5f8.3)
      call close(2)
184  continue
      write(5,185)
185  format(2x,`БУДЕТЕ ПРОИЗВОДИТЬ ',,
*`ФИЛЬТРАЦИЮ С ДРУГИМИ',/,
*2x,`ФИЛЬТРАМИ: 1 - ДА, 0 - НЕТ',/)
      read(4,11) MF
      if(MF.eq.0) goto 186
      NC=NC+1
      MM=M*NC
      goto 25
186  continue
      end
```

9. Программа на языке ФОРТРАН для ПЭВМ
«Расчет взаимной корреляционной функции»:

```
DIMENSION X(800,2),XS(800),Y(800)
dimension X1(800,2),SH(2),B(1),VR(2)
DIMENSION R(80,2),XSR(800,2),SRR(2)
DIMENSION RR(80,2),RP(80,2),RRR(80)
REAL*8 D
D=0.0
WRITE(5,11)
WRITE(5,115)
115 FORMAT(2x, 'ВВЕДИТЕ ИМЯ ФАИЛА, КУДА ЗА',
* 'ПИСАНЫ ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ. В ВИДЕ:XXX.DAT')
WRITE(5,1)
1 FORMAT(2X, 'ВВЕДИТЕ П/НОМЕРА МАССИВОВ ',
* 'В ФАИЛК ДАННЫХ',/,2x, 'ДЛЯ КОТОРЫХ ',
* 'БУДЕМ СЧИТАТЬ ВЗАЙМН.КОРРЕЛ.ФУНКЦ.',/,
*2x, '(ПЕРВЫЙ НОМЕР ДОЛЖЕН БЫТЬ МЕНЬШЕ ',
* 'ВТОРОГО)',/2x, 'N1 N2 - ФОРМАТ:2(XX)')/
READ(4,2) N1,N2
2 FORMAT(2I2)
DO 5 J=1,N1
READ(3,3) N,M,SH(1),DT
3 FORMAT(I4,I3,2F8.3)
READ(3,4) (X(I,1),I=1,N)
4 FORMAT(5F8.3)
CONTINUE
5 NN=N2-N1
DO 6 J=1,NN
READ(3,3) N,M,SH(2),DT
READ(3,4) (X(I,2),I=1,N)
6 CONTINUE
c CALL CLOSE(4)
WRITE(5,7)
7 FORMAT(2X, 'ВВЕДИТЕ КРАТНОСТЬ ',
* 'ИНТЕРВАЛА ДИСКРЕТИЗАЦИИ',/)
READ(4,2) NT
N=N/NT
DO 8 I=1,N
X(I,1)=X(I*NT,1)
X(I,2)=X(I*NT,2)
8 NXX=1
```

```

      WRITE(5,9)
9       FORMAT(2X,
*`СКОЛЬКО ЭКЗЕМПЛЯРОВ ПЕЧАТАТЬ?`,/)
      READ(4,2) NPC
10      CONTINUE
      WRITE(5,111)
111     FORMAT(2X,`КУДА ВЫВОДИТЬ РЕЗУЛЬТАТЫ`,
*` prn - УСТР.ПЕЧАТИ, con - ЭКРАН`,/)
      WRITE(6,11)
11      FORMAT(/,50X,`ПРОГРАММА VZKR1`,/,50X,
*16(`-`),//,3X,`ВЫЧИСЛЕНИЕ ВЗАИМНОЙ`,
*`КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ`,/,
*3X,43(`-`),/,3X,43(`-`),//)
      WRITE(6,12) N,M,DT
12      FORMAT(2X,`ДЛИНА ПРОЦЕССА`,18X,`N=`,
*I4,/,2X,`ЧИСЛО КОЭФФИЦИЕНТОВ`,
*`КОРРЕЛЯЦИОННОЙ`,/,2X,`ФУНКЦИИ`,25X,
*`M=`,I3,/,2X,`ШАГ ДИСКРЕТИЗАЦИИ`,8X,
*`DELTA T =`,F8.3,//)
      DO 20 J=1,2
      DO 13 I=1,N
13      Y(I)=0.0
      DO 14 I=1,N
14      Y(I)=X(I,J)
      YMIN=Y(1)
      YMAX=Y(1)
      DO 15 I=1,N
      YMIN=AMIN1(Y(I),YMIN)
15      YMAX=AMAX1(Y(I),YMAX)
      J1=J
      WRITE(5,151)
151     FORMAT(33X,`ДЛЯ ПРОДОЛЖЕНИЯ НАЖИТЕ`,
*`ЛЮБУЮ КЛАВИШУ...`,/)
      READ(4,152) B(1)
152     FORMAT(f2.0)
      WRITE(6,16) J1,YMIN,YMAX,SH(J1)
16      FORMAT(2X,`ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА`,
*I2,/,2X,33(`-`),//,2X,`MIN ЗНАЧЕНИЕ`,

```

```

*   =',F8.3,/,2X,'MAX ЗНАЧЕНИЕ   =',
F8.3,/,2X,'МАСШТАБ ДАННЫХ =',F8.3)
NPCH=1
SH1=1.0
CALL STAT(Y,N,SH1,NPCH,XS,SM0,D,SR,V)
SRR(J)=SR
DO 17 I=1,N
17 XSR(I,J)=XS(I)
20 CONTINUE
C
C   ВЗАИМНАЯ КОРРЕЛЯЦИОННАЯ ФУНКЦИЯ
C
DO 26 J=1,2
DO 25 K=1,M
K1=N-K+1
R(K,J)=0.0
DO 24 I=1,K1
I1=I+K-1
J1=J
GOTO(21,22),J1
21 R(K,J)=R(K,J)+XSR(I,1)*XSR(I1,2)
GOTO 23
22 R(K,J)=R(K,J)+XSR(I,2)*XSR(I1,1)
23 CONTINUE
24 CONTINUE
R(K,J)=R(K,J)/(N-K)
25 RR(K,J)=R(K,J)/(SRR(1)*SRR(2))
26 CONTINUE
DO 31 J=1,2
J1=J
GOTO(27,28),J1
27 NN=1
GOTO 29
28 NN=-1
29 CONTINUE
DO 30 I=1,M
30 RP(I,J)=(RR(I,2)+NN*RR(I,1))
31 CONTINUE
C

```

C ПЕЧАТЬ
WRITE(5,151)
READ(4,152) B(1)
WRITE(6,32)
32 FORMAT(/,2X, 'НОРМИРОВАННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ',
* 'ВЗАИМНОЙ', /,2X,31(' - '), /,2X, 'КОРРЕ',
* 'ЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ', /,2X,22(' - '), /)
DO 40 J=1,2
J1=J
GOTO(33,35),J1
33 CONTINUE
WRITE(6,34)
34 FORMAT(/,2X, 'ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ СДВИГ', /)
GOTO 37
35 CONTINUE
WRITE(6,36)
36 FORMAT(/,2X, 'ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ СДВИГ', /)
37 CONTINUE
DO 38 I=1,M
38 Y(I)=RR(I,J)
CALL PCHVN(Y,M,5)
40 CONTINUE
NXX=NXX+1
IF(NXX.LE.NPC) GOTO 10
WRITE(5,41)
41 FORMAT(/,2X, 'ЗАПИСЫВАТЬ ЗНАЧЕНИЯ ',
* 'КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ', /,
* '2Х, 'ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ВЫЧИСЛЕНИЯ ',
* 'ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ', /,
* '2Х, '1-ДА, 0-НЕТ', /)
READ(4,2) NPR
IF(NPR.EQ.0) GOTO 44
WRITE(5,421)
421 FORMAT(2x, 'ВВЕДИТЕ ИМЯ ФАЙЛА, КУДА ',
* 'ЗАПИШУТСЯ ЗНАЧЕНИЯ В ВИДЕ:XXX.DAT', /)
READ(2,42) M,SGX
42 FORMAT(I4,F12.4)
READ(2,43) (RRR(I),I=1,M)
43 FORMAT(8(F7.4))
WRITE(2,42) M,SR
WRITE(2,43) (RR(I,1),I=1,M)
CALL CLOSE(2)
44 CONTINUE
END

10. Программа на языке ФОРТРАН для ПЭВМ
«Идентификация линейных моделей объектов в виде
уравнений регрессии»:

```
dimension X(800),Y(800),GRK1(20)
dimension GRK2(20),SMYX(20),PY(20)
dimension NX(20),NY(20),PX(20),SX(20)
dimension SY(20),XN(800),SH(2),B(1)
dimension SMXY(20),YN(800),NXY(20,20)
dimension R(40),FL(40),STL(40),R1(20)
dimension D0YX(40),D0XY(40),FL1(20)
dimension STL1(20),D1YX(20),D1XY(20)
write(5,37)
write(5,1)
1 format(2x, 'ВВЕДИТЕ П/НОМЕРА МАССИВОВ ', 
* ' В ФАЙЛЕ ДАННЫХ',/,2x, 'ДЛЯ КОТОРЫХ ', 
* 'БУДЕМ ПРОИЗВОДИТЬ ИДЕНТИФИКАЦИЮ',/, 
* 2x, '(ПЕРВЫЙ НОМЕР ДОЛЖЕН БЫТЬ МЕНЬШЕ ', 
* 'ВТОРОГО)',/, 
* 2x, ' N1 N2 - ФОРМАТ:2XX',/)
read(4,2) N1,N2
2 format(2i2)
write(5,75)
75 format(2x, 'ВВЕДИТЕ ', 
* 'ИМЯ ФАЙЛА, КУДА ЗАПИСАНЫ ИСХОДНЫЕ ', 
* ' ДАННЫЕ. В ВИДЕ: XXX.DAT',/)
do 5 j=1,N1
read(3,3) NN,M,SH(1),T
3 format(i4,i3,2f8.3)
read(3,4) (XN(i),i=1,NN)
4 format(5f8.3)
5 continue
NR=N2-N1
do 6 j=1, NR
read(3,3) NN,M,SH(2),T
read(3,4) (YN(i),i=1,NN)
6 continue
write(5,7)
7 format(2x, 'ВВЕДИТЕ ПОПРАВКИ ДЛЯ X И Y', 
* ' 2(+XXX.XXX)',/,2x, 'ЕСЛИ ПОПРАВКА НЕ ', 
* ' НУЖНА, ВВЕДИТЕ НУЛИ',/)
read(4,8) XX,YY
8 format(2f8.3)
```

```

      do 9 i=1,NN
      XN(i)=XN(i)+XX
9      YN(i)=YN(i)+YY
      K=1+3.32*log10(NN*1.0)+0.5
      M=NN/4+1
      if(M.gt.20) M=20
12     format(i1)
10     continue
c      СДВИГИ
      M1=2*M
      do 44 i=1,M1
      LM=L
      if(LM.ge.(M+1)) goto 14
      N=NN-(L-1)
      do 13 i=1,N
      X(i)=XN(i+L-1)
13     Y(i)=YN(i)
      goto 16
14     N=NN-(L-M-1)
      do 15 i=1,N
      X(i)=XN(i)
15     Y(i)=YN(i+L-M-1)
16     continue
c
      XMIN=X(1)
      XMAX=X(1)
      YMIN=Y(1)
      YMAX=Y(1)
      do 17 i=1,N
      XMIN=amin1(X(i),XMIN)
      XMAX=amax1(X(i),XMAX)
      YMIN=amin1(Y(i),YMIN)
17     YMAX=amax1(Y(i),YMAX)
      H1=(XMAX-XMIN)/K
      H2=(YMAX-YMIN)/K
c      ГРАНИЦЫ КЛАССОВ
      GRK1(1)=XMIN
      GRK2(1)=YMIN

```

```

GRK1(K+1)=XMAX
GRK2(K+1)=YMAX
do 18 i=2,k
  GRK1(i)=GRK1(i-1)+H1
18  GRK2(i)=GRK2(i-1)+H2
  do 19 i=1,k
  do 19 j=1,k
19  NXY(i,j)=0
  do 21 li=1,N
  do 20 i=1,k
  do 20 j=1,k
    if(X(li).gt.GRK1(i+1).or.Y(li).
*gt.GRK2(j+1)) goto 20
    NXY(i,j)=NXY(i,j)+1
    goto 21
20  continue
21  continue
  do 22 i=1,k
  NX(i)=0
  do 22 j=1,k
22  NX(i)=NX(i)+NXY(i,j)
  do 23 j=1,k
  NY(j)=0
  do 23 i=1,k
23  NY(j)=NY(j)+NXY(i,j)
c  СЕРЕДИНА КЛАССОВОГО ИНТЕРВАЛА
  SX(1)=XMIN+H1/2
  SY(1)=YMIN+H2/2
  do 24 i=2,k
  SX(i)=SX(i-1)+H1
24  SY(i)=SY(i-1)+H2
c  ВЫН.СТАТИСТИК. БЕЗУСЛОВНЫЕ ХАРАК-КИ.
  SMOX=0.0
  SMOY=0.0
  do 25 i=1,k
  SMOX=SMOX+SX(i)*NX(i)
25  SMOY=SMOY+SY(i)*NY(i)
  SMOX=SMOX/N
  SMOY=SMOY/N

```

```

DX=0.0
DY=0.0
do 26 i=1,k
DX=NX(i)*(SX(i)-SMOX)**2+DX
26 DY=NY(i)*(SY(i)-SMOY)**2+DY
DX=DX/(N-1)-H1*H1/12
DY=DY/(N-1)-H2*H2/12
SX1=sqrt(DX)
SY1=sqrt(DY)
c КОЭФФ. КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ ПРОЦЕССАМИ
RYX=0.0
do 27 i=1,k
do 27 j=1,k
27 RYX=RYX+(SY(i)-SMOY)*(SX(j)-SMOX)*NXY(j)
RYX=RYX/((N-1)*SX1*SY1)
R(L)=RYX
c УСЛОВНОЕ МАТ.ОЖИДАНИЕ
do 34 i=1,k
SMXY(i)=0.0
SMYX(i)=0.0
do 28 j=1,k
28 SMYX(i)=SMYX(i)+SY(j)*NXY(i,j)
if(NX(i).eq.0) goto 29
SMYX(i)=SMYX(i)/NX(i)
goto 30
29 SMYX(i)=0.0
30 continue
do 31 j1=1,k
31 SMXY(i)=SMXY(i)+SX(J1)*NXY(j1,i)
if(NY(i).eq.0) goto 32
SMXY(i)=SMXY(i)/NY(i)
goto 33
32 SMXY(i)=0.0
33 continue
34 continue
c ДИСПЕРСИОННОЕ ОТНОШЕНИЕ
DYX=0.0
DXY=0.0
do 35 i=1,k
DYX=DYX+NX(i)*(SMYX(i)-SMOY)**2

```

```

35      DXY=DXY+NY(i)*(SMXY(i)-SMOX)**2
      DYX=sqrt(DYX/(N-1))/SY1
      DXY=sqrt(DXY/(N-1))/SX1
      D0YX(L)=DYX
      D0XY(L)=DXY
c      ОЦЕНКА НЕЛИНЕЙНОСТИ
      F1=(1-RYX*RYX)/sqrt(N*1.0)
      F2=(1-DYX*DYX)/sqrt(N*1.0)
      F3=(1-DXY*DXY)/sqrt(N*1.0)
      FF1=abs(RYX)/F1
      FF2=abs(DYX)/F2
      FF3=abs(DXY)/F3
c      СТЕПЕНЬ НЕЛИНЕЙНОСТИ
      K1=N-K
      K2=K-2
      FL(L)=K1*(DYX*DYX-RYX*RYX)/(1-DYX*DYX)/K2
      STL(L)=sqrt(DYX*DYX-RYX*RYX)
      FLSR=FLSR+FL(L)
      if(L.ne.1) goto 43
      B1=RYX*SY1/SX1
      A1=SMOY-B1*SMOX
      B2=RYX*SX1/SY1
      A2=SMOX-B2*SMOY
c      ПЕЧАТЬ
36      continue
      write(5,372)
372      format(2x,`КУДА ВЫВОДИТЬ РЕЗУЛЬТАТЫ',
      *` prn - УСТР.ПЕЧАТИ, con - ЭКРАН`,/)
      write(6,37)
      format(//,50x,`ПРОГРАММА IDENT`,/,50x
      *,16(`-`),/20x,`ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА`,
      *` x -> y`,/,20x,30(`-`))
      write(6,371) NN,K,M,XX,YY
371      format(2x,`ДЛИНА ПРОЦЕССА N =`,i4,/,
      *2x,`ЧИСЛО КЛАССОВ K =`,i4,/,
      *2x,`ЧИСЛО СДВИГОВ M =`,i4,/,
      *2x,`ПОПРАВКА ДЛЯ X =`,e15.4,5x,
      *`ДЛЯ Y =`,e15.4,/,2x,`БЕЗУСЛОВНЫЕ`,
      *`ХАРАКТЕРИСТИКИ`,/,2x,26(`-`),)
      write(6,38) XMIN,YMIN,XMAX,YMAX,H1,H2,
      *SMOX,SMOY,DY,SX1,SY1

```

```
38      format(/28x, 'ВХОДНОЙ ПРОЦЕСС X ',  
*` ВЫХОДНОЙ ПРОЦЕСС Y'  
*,/28x,17(`-`),3x,18(`-`),//,3x,  
*`MIN ЗНАЧЕНИЕ`,15x,e15.4,3x,e15.4,/,  
*3x,`MAX ЗНАЧЕНИЕ`,15x,e15.4,3x,e15.4,/,  
*3x,`КЛАССОВЫЙ ИНТЕРВАЛ `,6x,e15.4,  
*3x,e15.4,/,3x,`МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОЖИДА`,  
*`НИЕ`,4x,e15.4,3x,e15.4,/,  
*3x,`ДИСПЕРСИЯ `,16x,e15.4,3x,e15.4,/,  
*3x,`СРЕДНЕКВАДРАТИЧ.ОТКЛОНЕНИЕ `,  
*e15.4,3x,e15.4,/) /  
      write(5,71)  
71      format(33x,`ДЛЯ ПРОДОЛЖЕНИЯ НАЖИТЕ `,  
*`ЛЮБУЮ КЛАВИШУ...`,/)  
      read(4,72) B(1)  
72      format(f2.0)  
      write(6,39)  
39      format(/,2x,`УСЛОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ`  
*,/2x,23(`-`),//28x,`Y ОТНОСИТЕЛЬНО X`  
*,4x,`X ОТНОСИТЕЛЬНО Y`,/28x,16(`-`),  
*4x,16(`-`),/,3x,`РЕГРЕССИИ`)  
      do 41 i=1,K  
      write(6,40) SMYX(i),SMXY(i)  
40      format(30x,e15.4,4x,e15.4)  
41      continue  
      write(6,42) DYX,DXY,F1,F1,F2,F3,FF1,  
*FF1,FF2,FF3  
42      format(/,3x,`ДИСПЕРСИОННОЕ ОТНОШЕНИЕ`,  
*4x,e15.4,4x,e15.4/,3x,`СР.КВ.ОТКЛОНЕН.`,  
*`КОЭФ.КОРРЕЛ.`,e13.4,4x,e15.4,/,  
*3x,`СР.КВ.ОТКЛОНЕН.ДИСП.ОТНОШЕНИЯ`,  
*e13.4,4x,e15.4/,3x,`КРИТЕРИЙ`,19x,  
*e15.4,4x,e15.4/,30x,e15.4,4x,e15.4,/) /  
43      continue  
44      continue  
c      ПЕЧАТЬ ПО СДВИГАМ  
      write(5,71)  
      read(4,72) B(1)  
      write(6,45)
```

```
45 format(/,4x, 'СДВИГИ',/,4x,6( '-' ),/)  
L1=M+1  
do 46 i=L1,M1  
R1(i-M)=R(i)  
D1YX(i-M)=D0YX(i)  
D1XY(i-M)=D0XY(i)  
FL1(i-M)=FL(i)  
46  STL1(i-M)=STL(i)  
write(6,47)  
47  format(2x, 'ВЗАЙМНАЯ КОРРЕЛЯЦИОННАЯ ',  
* 'ФУНКЦИЯ',/,6X, 'ЛЕВЫЙ СДВИГ')  
call PCHVN(R,M,5)  
write(6,48)  
48  format(6x, 'ПРАВЫЙ СДВИГ')  
call PCHVN(R1,M,5)  
write(6,49)  
49  format(/,2x, 'ВЗАЙМНАЯ ДИСПЕРСИОННАЯ ',  
* 'ФУНКЦИЯ Y/X',/,6X, 'ЛЕВЫЙ СДВИГ')  
call PCHVN(D0YX,M,5)  
write(6,50)  
50  format(6x, 'ПРАВЫЙ СДВИГ')  
call PCHVN(D1YX,M,5)  
write(6,71)  
read(4,72) B(1)  
write(6,51)  
51  format(/,2x, 'ВЗАЙМНАЯ ДИСПЕРСИОННАЯ ',  
* 'ФУНКЦИЯ X/Y',/,6X, 'ЛЕВЫЙ СДВИГ')  
call PCHVN(D0XY,M,5)  
write(6,52)  
52  format(6x, 'ПРАВЫЙ СДВИГ')  
call PCHVN(D1XY,M,5)  
write(6,53)  
53  format(/,2x, 'ФУНКЦИЯ F-КРИТЕРИЯ',/,  
*6X, 'ЛЕВЫЙ СДВИГ')  
call PCHVN(FL,M,5)  
write(6,54)  
54  format(6x, 'ПРАВЫЙ СДВИГ')  
call PCHVN(FL1,M,5)  
write(6,71)
```

```

        read(4,72) B(1)
        write(6,55)
55      format(2X, 'СТЕПЕНЬ НЕЛИНЕЙНОСТИ',/,
*6X, 'ЛЕВЫЙ СДВИГ')
        CALL PCHVN(STL,M,5)
        write(6,56)
56      format(6X, 'ПРАВЫЙ СДВИГ')
        CALL PCHVN(STL1,M,5)
        IF(FF1.lt.3.0) goto 58
        write(6,57)
57      format(2X, 'КОЭФФИЦИЕНТ РЕГРЕССИИ ЗНАЧИМ')
58      continue
        if(FF2.LT.3.0) goto 60
        write(6,59)
59      format(2X, 'КОЭФФИЦИЕНТ ДИСПЕРСИОННОГО',
*' ОТНОШЕНИЯ ЗНАЧИМ',/)
60      continue
        write(5,61) K1,K2
61      format(/,2X, 'СТЕПЕНИ СВОБОДЫ K1=',I3,
*' K2=',I3,/,2X, 'ВВЕДИТЕ F-КРИТЕРИЙ',',
*' ТАБЛИЧНОЕ ЗНАЧЕНИЕ:+XXX.XXX',/)
        read(4,62) FTAB
62      format(F8.3)
        FLSR=FLSR/M1
        if(FLSR.GE.FTAB) goto 64
        write(6,63) FTAB,B1,A1,B2,A2
63      format(/,2X, 'СВЯЗЬ ЛИНЕЙНА : F CP < ',
*' FTAB =',F8.3,/,,
*' Y =',F8.3, ' * X + ',F8.3,/,,
*' X =',F8.3, ' * Y + ',F8.3)
        GOTO 66
64      write(6,65) FTAB
65      format(/,2X, 'СВЯЗЬ НЕЛИНЕЙНА F CP > ',
*' FTAB =',F8.3)
66      continue
        END

```

11. Программа на языке ФОРТРАН для ПЭВМ «Расчет параметров передаточной функции»:

```
DIMENSION RXX(100),RYX(100),FK(100)
DIMENSION RRXX(100),R1XX(100)
REAL*8 RRYX(100)
1  FORMAT(I4,F12.4)
2  FORMAT(5F8.3)
READ(3,1) N,SGX
READ(3,2) (RXX(I),I=1,N)
READ(3,1) N,SGY
READ(3,2) (RYX(I),I=1,N)
WRITE(5,3)
3  FORMAT(2X,'ВВЕДИТЕ НАЧАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ',
*' "АЛЬФА" И',/,2X,'"ОМЕГА": ALN,WN ',
*' (2F7.4)(ОБЫННО:01.0000 1.0000)',/)
READ(4,4) ALN,WN
4  FORMAT(2F7.4)
DT=0.1
E=0.01
DL=1.0
Z2=9999999.0
AL=ALN
W=WN
KK=1
5  CONTINUE
T=0.0
DO 6 I=1,N
FK(I)=EXP(-AL*T)*SIN(W*T)
6  T=T+DT
RRYX(1)=0.0
DO 7 I=1,N
RRYX(1)=RRYX(1)+FK(I)*RXX(I)
7  R1XX(I)=RXX(I)
DO 9 I=2,N
RRXX(1)=RXX(I)
RRYX(I)=0.0
DO 8 J=2,N
RRXX(J)=R1XX(J-1)
8  DO 9 J=1,N
R1XX(J)=RRXX(J)
9  RRYX(I)=RRYX(I)+FK(J)*RRXX(J)
```

```
Z=0.0
DO 10 I=1,N
10 Z=Z+((RYX(I)-RRYX(I))**2)/N
    IF((Z2-Z).LT.0.0) GOTO 12
    Z2=Z
    IF(KK.EQ.0) GOTO 11
    AL=AL+DL
    GOTO 5
11 W=W+DL
    GOTO 5
12 IF(KK.EQ.1) GOTO 13
    W=W-DL
    KK=1
    GOTO 14
13 AL=AL-DL
    KK=0
14 DL1=DL-E
    IF(DL1.LT.0.0) GOTO 15
    DL=DL/2.0
    GOTO 5
15 CONTINUE
A=AL*AL+W*W
T1=1.0/A
T2=2*AL/A
TK=AL*AL/A
TK=TK*SGY/SGX
WRITE(5,16)
16 FORMAT(2X, 'ЗАПИСЫВАТЬ КОЭФФИЦИЕНТЫ '
* 'ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ', /, 2X, 'ДЛЯ ',
* 'ДАЛЬНЕЙШЕГО ВЫЧИСЛЕНИЯ', /, 2X,
* 'АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК:
* '1-ДА, 0-НЕТ')
READ(4,17) NZ
17 FORMAT(I1)
    IF(NZ.EQ.0) GOTO 19
    NFOR=2
    T0=0.0
    WRITE(2,18) NFOR,TK,T2,T1,T0
    FORMAT(I1,4F8.3)
    CLOSE(2)
```

```

19  CONTINUE
NNX=0
WRITE(5,20)
20  FORMAT(2X, 'ВВЕДИТЕ СКОЛЬКО ЭКЗЕМПЛЯРОВ ',
* 'ПЕЧАТАТЬ',/)
READ(4,17) NPCH
21  CONTINUE
C
C  ПЕЧАТЬ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ
WRITE(6,22)
22  FORMAT(/,5X, 'ПОЛУЧЕНИЕ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ',
* 'ФУНКЦИИ',/,5X,30('-')/5X,30('-'),//,
*3X, 'ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ',//,2X, 'НОРМИРО',
* 'ВАННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННОЙ ',
* 'ФУНКЦИИ',/)
CALL PCHVN(RXX,N,5)
WRITE(6,23)
23  FORMAT(/,2X, 'НОРМИРОВАННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ',
* 'ВЗАЙМНОЙ',/,2X, 'КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ',
* 'ФУНКЦИИ(ПРАВАЯ ЧАСТЬ)',/)
CALL PCHVN(RYX,N,5)
WRITE(6,24) N,DT,SGX,SGY,E
24  FORMAT(/,2X, 'ОБЩЕЕ ЧИСЛО ТОЧЕК',16X,
* 'N=',I3,/,2X, 'ШАГ ПО Т',24X, 'DT=',F8.3
*,/,2X, 'СРЕДНЕКВАДРАТИЧЕСКОЕ ОТКЛОНЕНИЕ'
*,/,25X, 'ПРОЦЕССА X =',F8.3,/, ,
*2X, 'СРЕДНЕКВАДРАТИЧЕСКОЕ ОТКЛОНЕНИЕ',/,
*25X, 'ПРОЦЕССА Y =',F8.3,/,2X,
* 'ТОЧНОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЙ',13X, 'E =',F6.4,
*//,2X,20('-'),//,2X, 'РАСЧЕТНЫЕ ТОЧКИ ',
* 'ВЗАЙМНОЙ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ',/)
DO 25 I=1,N
25  RXX(I)=RRYX(I)
CALL PCHVN(RXX,N,5)
WRITE(6,26)
26  FORMAT(/,2X, 'ИМПУЛЬСНАЯ ФУНКЦИЯ',/)
CALL PCHVN(FK,N,5)
WRITE(6,27) AL,W,T1,T2,TK
27  FORMAT(/,2X, 'АЛЬФА =',F8.3,/,)

```

```
*2X, 'OMEGA =',F8.3,/,2X, 'T1**2 =',F8.3,/,  
*2X, 'T2    =',F8.3,/,2X, 'K      =',F8.3)  
    WRITE(6,28) TK,T1,T2  
28    FORMAT(//,15X,E12.4,/,5X, 'W(P) = ',  
*35(' -'),/,  
*13X,E10.4, ' P**2 + ',E15.4, ' P + 1')  
    NNX=NNX+1  
    IF(NPCH.gt.NNX) GOTO 21  
    END
```

12. Программа на языке ПАСКАЛЬ для ПЭВМ
«Расчет оценки показателя качества работы ма-
шины»:

```
program pp77(input,output);
uses Crt,Dos,Graph;
const
  nm=500;
type
  ind=1..nm;
  mas=array[ind] of real;
var
  X: mas; XS: mas;
  TB: array[1..2,1..18] of real;
  i,j,n,nv,nd: integer;
  nn: integer;
  smo,d,sr,v,sh: real;
  tfl: text; p7,lft: text;

begin
  assign(lft,'pp7.dat');
  rewrite(lft);
  assign(tfl,'tfl.dat');
  assign(p7,'p7.dat');
  reset(p7);
  readln(p7,n,sh);
  for i:=1 to n do
    read(p7,X[i]);
  reset(tfl);
  for i:=1 to 2 do
    for j:=1 to 18 do
      read(tfl,TB[i,j]);
{ В ТАБЛИЦЕ ВВЕДЕНЫ ЗНАЧЕНИЯ ФУНКЦИИ:
  P=2Φ(B/V),
  ГДЕ  B=6,8,10,...,38,40,  V=10%,15%}
  smo:=0.0;
  for i:=1 to n do
    begin
      x[i]:=x[i]*sh;
      smo:=smo+x[i];
    end;
  smo:=smo/(n*1.0);
```

```

d:=0.0;
for i:=1 to n do
  d:=d+((x[i]-smo)*(x[i]-smo));
d:=d/((n-1)*1.0);
sr:=sqrt(d);
writeln;
writeln(' МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОЖИДАНИЕ',
       ' M = ',smo:10:4);
writeln(' ДИСПЕРСИЯ',
       ' D = ',d:10:4);
writeln(' СРЕДНЕКВАДРАТИЧНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ',
       ' = ',sr:10:4);
if abs(smo) >= 0.009 then
  begin
    v:=(sr/smo)*100.0;
    writeln(' КОЭФФИЦИЕНТ ВАРИАЦИИ',
           ' V = ',v:10:4);
  end
else
  writeln(' МАТ.ОЖИДАНИЕ СЛИШКОМ МАЛО,',
         ' V-НЕ СЧИТАЕМ');
{-----}
nv:=trunc(v);
f (nv mod 2) <> 0 then
  nv:=nv+1;
nn:=(nv div 2) -2;
writeln;
writeln(' ВВЕДИТЕ ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ ДОПУСК');
writeln(' 1 ИЛИ 2 : 1 - 10%, 2 - 15%');
readln(nd);
if nd = 1 then
  writeln(' ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ ДОПУСК - 10%')
else
  writeln(' ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ ДОПУСК - 15%');
writeln;
writeln(' ВЕРОЯТНОСТЬ СОХРАНЕНИЯ ДОПУСКА :',
       ',TB[nd,nn]:10:3);
writeln(' -----');
close(lft);
end.

```

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бурдун Г. Д. Справочник по международной системе единиц. — М.: Изд-во стандартов, 1978.
2. Лурье А. Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. — М., 1981.
3. Лурье А. Б., Любимов А. И. Широкозахватные почвообрабатывающие машины. — Л.: Машиностроение, 1981.
4. Кленин Н. И., Сакун В. А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. — М.: Колос, 1980.
5. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины/Под ред. Г. Е. Листопада. — Агропромиздат, 1986.
6. Современные методы идентификации систем/Под ред. П. Эйхоффа. — М.: Мир, 1983.
7. Райбман Н. С., Чадеев В. Н. Построение моделей процессов производства. — М.: Энергия, 1975.
8. Лурье А. Б., Громбчевский А. А. Расчет и конструирование сельскохозяйственных машин. — Л.: Машиностроение, 1977.
9. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин/Под ред. Е. С. Босого. — М.: Машиностроение, 1978.
10. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин — М.: Машиностроение, 1967. — Т. 2 и 3.
11. Летошнев М. Н. Сельскохозяйственные машины. — М.; Л.: Сельхозгиз, 1955.
12. Сабликов М. В., Кузьмин М. В. Курсовое и дипломное проектирование по сельскохозяйственным машинам. — М.: Колос, 1973.
13. Градиль В. П., Моргун А. К. и др. Справочник по Единой системе конструкторской документации/Под ред. А. Ф. Раба. — Харьков: Прапор, 1988.
14. Единая система конструкторской документации. Справочное пособие. — М.: Изд-во стандартов, 1989.
15. Дипломное проектирование. Методические разработки для студентов-заочников сельскохозяйственных вузов по специальности «Механизация сельского хозяйства»/Под общ. ред. И. Е. Карнаухова. — М.: ВСХИЗО, 1988.
16. Методические указания по дипломному проектированию (графическая часть — ГОСТы и СТ СЭВ ЕСКД, СПДС). Для студентов дневной и заочной форм обучения по специальности «Механизация сельского хозяйства»/Составители Г. А. Галибин, Е. А. Солодухин. — Л.: ЛСХИ, 1986.
17. Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. — М.: Россельхозиздат, 1984.
18. Основные положения определения экономического эффекта от использования результатов НИР. — М.: ВНИИЭСХ, 1987.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Курсовые работы	3
1.1. Задания на курсовые работы	3
1.2. Выполнение курсовых работ	12
1.2.1. Общие указания	12
1.2.2. Особенности расчетов технологических процессов работы сельскохозяйственных и мелиоративных машин и условий их функционирования	13
1.2.3. Построение моделей машин, их рабочих органов и технологических процессов	16
1.2.4. Расчет оценок показателя качества работы сельскохозяйственных машин	32
1.2.5. Алгоритмы расчетов и их блок-схемы	36
1.2.6. Примеры выполнения курсовых работ	43
2. Дипломное проектирование	74
2.1. Структура дипломного проекта и его объем	74
2.2. Примерная тематика дипломных проектов	77
2.3. Содержание дипломных проектов, их оформление и примеры заданий	78
2.4. Выполнение дипломных проектов	83
2.4.1. Общие указания	83
2.4.2. Исходные требования, необходимые для разработки дипломных проектов	84
2.4.3. Технологические и конструктивные расчеты машин и их рабочих органов	91
2.4.4. Нормативно-технические документы к выполнению курсового и дипломного проектирования	136
3. Программное обеспечение курсовых работ и дипломного проектирования	179
3.1. Общие положения	179
3.2. Программы для выполнения курсовых работ и дипломных проектов	181
Рекомендуемая литература	223

Лурье Абрам Бенцианович, Еникеев Виль Гумерович, Теплинский Игорь Зиновьевич.

КУРСОВОЕ И ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ И МЕЛИОРАТИВНЫМ МАШИНАМ

Художественный редактор С. Л. Шилова. Технический редактор Р. Н. Егорова. Корректор А. У. Федорова

ИБ № 7033

Сдано в набор 25.06.90. Подписано в печать 26.06.91. Формат 84×108^{1/32}. Бумага тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 11,76. Усл. кр.-отт. 11,97. Уч.-изд. л. 11,22. Изд. № 096. Тираж 11 000 экз. Заказ № 5411. Цена 50 коп.

Ленинградское отделение ордена Трудового Красного Знамени ВО «Агропромиздат», 191186, Ленинград, Д-186, Невский пр., 28.

Областная типография управления печати и массовой информации Ивановского облисполкома, 153628, г. Иваново, ул. Типографская, 6.