

А.А. Соломенников  
В.Н. Кабанов



# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА И РЕМОНТА ВАГОНОВ



А.А. Соломенников  
В. Н. Кабанов

# **Т ЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА И РЕМОНТА ВАГОНОВ**



Методические указания

Екатеринбург  
Издательство УрГУПС  
2014

УДК 629. 45/46.004.67:658.011.56  
С60

**Соломенников, А. А.**

С60      Технологические процессы и системы автоматизации производства и ремонта вагонов : метод. указания / А. А. Соломенников, В. Н. Кабанов. – Екатеринбург : Изд-во УрГУПС, 2014 – 56 с.

Методические указания предназначены для студентов при выполнении ими курсового проекта по дисциплине «Системы автоматизации производства и ремонта вагонов».

Содержится перечень тем курсового проекта, изложены требования к оформлению пояснительной записки и графической части проекта, приведены методические указания к выполнению всех его составных частей.

УДК 629. 45/46.004.67:658.011.56

*Печатается по решению редакционно-издательского совета университета*

*Авторы:* А. А. Соломенников, доцент кафедры «Вагоны», (введение, тематика ккп, раздел 1), УрГУПС

В. Н. Кабанов, доцент кафедры «Вагоны», канд. техн. наук (раздел 2), УрГУПС

*Рецензенты:* К. М. Колясов, доцент кафедры «Вагоны», канд. техн. наук, УрГУПС

С. А. Пряников, канд. техн. наук, с.н.с., АО «ВНИИЖТ»

*Учебное издание*

Редактор *С. В. Пилюгина*

Подписано в печать 04.09.14. Формат 60х84/16.

Усл. печ. л. 3,2. Электронная версия.

Заказ 462.

Издательство УрГУПС  
620034, Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66

## Оглавление

<b>Введение.....</b>	<b>4</b>
<b>Тематика комплексного курсового проекта.....</b>	<b>6</b>
<b>Раздел 1. Разработка технологического процесса.....</b>	<b>13</b>
<b>1.1. Задание на разработку технологического процесса.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2. Содержание раздела 1 комплексного курсового проекта.....</b>	<b>13</b>
<b>1.3. Методические указания к разработке технологического процесса.....</b>	<b>14</b>
1.3.1. Конструктивно-технологическая характеристика узла, условия на ремонт.....	14
1.3.2. Анализ причин и характеристики надежности узла, назначение периодичности ремонта.....	15
1.3.3. Разработка технологического процесса ремонта узла.....	16
1.3.4. Проектирование и расчет приспособления.....	20
1.3.5. Требования охраны труда при ремонте узла (детали).....	22
<b>Раздел 2. Разработка системы автоматизации технологического процесса.....</b>	<b>23</b>
<b>2.1. Задание на разработку системы автоматизации и содержания раздела 2 .....</b>	<b>23</b>
<b>2.2. Методические указания к разработке системы автоматизации.....</b>	<b>24</b>
2.2.1. Разработка функциональной схемы САУ (АСУ).....	24
2.2.2. Выбор элементов САУ (АСУ) и необходимые расчеты.....	32
2.2.3. Разработка принципиальной электрической схемы САУ (АСУ).....	37
<b>Приложение А.....</b>	<b>45</b>
<b>Приложение Б.....</b>	<b>46</b>
<b>Приложение В.....</b>	<b>48</b>
<b>Приложение Г.....</b>	<b>51</b>
<b>Приложение Д.....</b>	<b>52</b>
<b>Приложение Е.....</b>	<b>53</b>
<b>Библиографический список к разделу 1.....</b>	<b>54</b>
<b>Библиографический список к разделу 2.....</b>	<b>55</b>

## Введение

При изучении дисциплин «Технология производства и ремонта вагонов» и «Системы автоматизации производства и ремонта вагонов» предусмотрена самостоятельная работа студентов с выполнением комплексного курсового проекта.

В процессе работы над комплексным курсовым проектом студент должен ознакомиться с нормативно-технической документацией, справочной и технической литературой по теме проекта.

В первой части проекта разрабатывается технологический процесс ремонта какого-либо узла или детали вагона, во второй – система автоматического (САУ) или автоматизированного управления (АСУ) данным процессом.

В соответствии с этим первый раздел пособия содержит методические указания по разработке технологического процесса, второй – методические указания по разработке системы управления данным технологическим процессом или оборудованием, используемым в ходе процесса.

Выполняя первую часть комплексного курсового проекта, студент должен помнить, что автоматизировать можно (т. е. выполнить вторую часть проекта) лишь такой процесс, который полностью или в основном механизирован и что сами механизмы, выбранные им для выполнения операций технологического процесса, поддаются дистанционному управлению.

Дисциплины «Технология производства и ремонта вагонов» и «Системы автоматизации производства и ремонта вагонов» являются профилирующими для специальности «Вагоны». Изучение данных дисциплин дает будущим инженерам знания в области разработки современных и перспективных технологических процессов производства вагонов и их частей на специализированных заводах, технологии ремонта вагонов в вагонных депо ОАО РЖД и подразделениях других форм собственности.

Цель комплексного курсового проектирования – углубленное изучение студентом технологии изготовления и ремонта одного из узлов вагона, автоматизации технологического процесса, получение навыков разработки и формирования комплекта технологической документации.

Задания на комплексный курсовой проект составлены с учетом максимального охвата технологических процессов изготовления, ремонта и контроля узлов и деталей вагонов, применяющихся в вагонном хозяйстве и вагоностроении.

При выполнении комплексного курсового проекта студент должен привести обоснования предлагаемых технических решений на основе использования новейших достижений техники и передового опыта.

При описании способов обработки изделий, при оформлении чертежей и разработке технологических процессов студент должен самостоятельно оценить достоинства и недостатки принятой технологии, грамотно подходить к выбору технических решений. Выбранный вариант технологии должен быть экономически обоснован.

Студенты должны оценить актуальность существующих технологий и организацию их производства.

Разрабатываемые технологические процессы должны способствовать повышению эффективности производства, увеличению производительности труда, снижению себестоимости, повышению безотказности и долговечности вагонов, обеспечению безопасности движения и сохранности грузов.

В процессе работы над комплексным курсовым проектом студент должен ознакомиться с нормативно-технической документацией, справочной и технической литературой по теме проекта.

Перечень рекомендуемой литературы и нормативно-технической документации приводится.

## Тематика комплексного курсового проекта

Ниже приведен список вариантов тем комплексного курсового проекта (ККП). В каждом из вариантов указан технологический процесс, который необходимо разработать, названо приспособление, которое следует спроектировать, и сформулировано в самом общем виде задание на разработку системы автоматизации.

1. Разработать технологический процесс ремонта боковой рамы тележки 18-100 (дефекты 1, 2, 3). Спроектировать кантователь для наплавки.

Разработать систему автоматизированного управления конвейером ремонта тележек и кантователем боковых рам.

2. Разработать технологический процесс ремонта боковой рамы тележки 18-100 (дефекты 4, 5, 6). Спроектировать приспособление для клепки фрикционных планок.

Разработать систему автоматизированного управления конвейером ремонта тележек и подъемно поворотной установкой.

3. Разработать технологический процесс ремонта надрессорной балки тележки 18-100 (дефекты 1, 2, 3). Спроектировать приспособление для рассверловки отверстия под втулку при ремонте малого бурта.

Разработать систему автоматизированного управления конвейером ремонта тележек и приводами установки для рассверловки отверстия.

4. Разработать технологический процесс ремонта надрессорной балки тележки 18-100 (дефекты 10, 11). Спроектировать кантователь для осмотра надрессорных балок.

Разработать систему автоматизированного управления кантователем надрессорных балок.

5. Разработать технологический процесс ремонта надрессорной балки (дефекты 4, 5). Спроектировать приспособление для наплавки опорной поверхности надрессорной балки.

Разработать систему автоматизированного управления позицией наплавки опорной поверхности.

6. Разработать технологический процесс ремонта наклонных поверхностей надрессорной балки. Спроектировать приспособление для наплавки наклонных поверхностей.

Разработать систему автоматизированного управления позицией наплавки наклонных поверхностей.

7. Разработать технологический процесс ремонта скользунов надрессорной балки тележки 18-100. Спроектировать приспособление для приварки скользунов.

Разработать систему автоматизированного управления установкой механической обработки подпятникового места надрессорной балки.

8. Разработать технологический процесс ремонта рамы тележки КВЗ-ЦНИИ. Спроектировать приспособление для наплавки шпинтонов.

Разработать систему автоматизированного управления стендом для ремонта рам тележек КВЗ-ЦНИИ.

9. Разработать технологический процесс ремонта шпинтонов тележки КВЗ-ЦНИИ. Спроектировать приспособление для механической обработки.

Разработать систему автоматизированного управления установкой по обмывке тележек КВЗ-ЦНИИ.

10. Разработать технологический процесс ремонта надрессорной балки тележки КВЗ-ЦНИИ. Спроектировать приспособление для сварки и наплавки.

Разработать систему автоматизированного управления кантователем надрессорных балок тележек КВЗ-ЦНИИ.

11. Разработать технологический процесс ремонта подпятника тележки 18-100. Спроектировать приспособление для наплавки.

Разработать систему автоматизированного управления установкой для наплавки подпятника тележки 18-100.

12. Разработать технологический процесс ремонта траверсы тележки рефрижераторного вагона. Спроектировать приспособление для механической обработки.

Разработать систему автоматизированного управления установкой по обмывке тележек на технологических тележках.

13. Разработать технологический процесс ремонта подвески башмака тележки рефрижераторного вагона. Спроектировать приспособление для механической обработки.

Разработать систему автоматизированного управления 2-х камерной установкой обмывки тележек пассажирских вагонов.

14. Разработать технологический процесс ремонта подвески (тяги) тележки КВЗ-ЦНИИ. Спроектировать приспособление для наплавки.

Разработать систему автоматизированного управления установкой по обмывке тележек однокамерного типа.

15. Разработать технологический процесс ремонта колесной пары сваркой. Спроектировать приспособление для восстановления резьбы М 110х4.

Разработать систему автоматизированного управления установкой по восстановлению резьбы М 110х4.

16. Разработать технологический процесс ремонта корпуса буксы грузовой тележки. Спроектировать приспособление для механической обработки.

Разработать систему автоматизированного управления позицией наплавки корпусов букс.

17. Разработать технологический процесс ремонта корпуса буксы пассажирской тележки. Спроектировать приспособление для механической обработки.

Разработать систему автоматизированного управления приспособлением для механической обработки корпусов букс.

18. Разработать технологический процесс ремонта корпуса буксы рефрижераторного вагона. Спроектировать приспособление для наплавки.

Разработать систему автоматизированного управления позицией наплавки.



19. Разработать технологический процесс ремонта соединительной балки тележки 18-101 (дефекты 1, 2, 3). Спроектировать кантователь или стенд для наплавки.

Разработать систему автоматизированного управления кантователем или стендом.

20. Разработать технологический процесс ремонта соединительной балки тележки 18-101 (дефекты 5, 7, 8). Спроектировать кантователь или стенд для сварки.

Разработать систему автоматизированного управления стендом или кантователем.

21. Разработать технологический процесс ремонта соединительной балки тележки 18-101 (дефекты 6, 9). Спроектировать кантователь или стенд для сварки.

Разработать систему автоматизированного управления стендом.

22. Разработать технологический процесс ремонта корпуса тормозного цилиндра. Спроектировать приспособление для обработки.

Разработать систему автоматизированного управления установкой для обмывки деталей тормозного оборудования.

23. Разработать технологический процесс ремонта передней крышки тормозного цилиндра. Спроектировать приспособление для наплавки.

Разработать систему автоматизированного управления позицией наплавки передней крышки тормозного цилиндра.

24. Разработать технологический процесс ремонта триангеля (дефекты 1.2.5). Спроектировать приспособление для испытания на растяжение.

Разработать систему автоматизированного управления стендом испытания триангелем.

25. Разработать технологический процесс ремонта триангеля (дефекты 3, 4). Спроектировать приспособление для механической обработки.

Разработать систему автоматизированного управления позицией механической обработки.

26. Разработать технологический процесс ремонта подвески тормозного башмака грузового вагона. Спроектировать приспособление для обработки отверстия.

Разработать систему автоматизированного управления установкой для механической обработки подвески тормозного башмака грузового вагона.

27. Разработать технологический процесс ремонта подвески тормозных башмаков рефрижераторных вагонов КВЗ-И2. Спроектировать приспособление для механической обработки отверстий.

Разработать систему автоматизированного управления установкой для механической обработки.

28. Разработать технологический процесс ремонта корпуса автосцепки (дефекты 1, 3). Спроектировать приспособление для наплавки.

Разработать систему автоматизированного управления позицией наплавки корпуса автосцепки.

29. Разработать технологический процесс ремонта корпуса автосцепки (дефекты 6, 8). Спроектировать приспособление для наплавки.

Разработать систему автоматизированного управления позицией наплавки.

30. Разработать технологический процесс ремонта корпуса автосцепки (дефекты 7, 9). Спроектировать приспособление для механической обработки корпуса автосцепки.

Разработать систему автоматизированного управления установкой по обмывке корпусов автосцепки.

31. Разработать технологический процесс ремонта замка автосцепки (дефекты 3, 6). Спроектировать приспособление для механической обработки овального отверстия.

Разработать систему автоматизированного управления позицией механической обработки замка.

32. Разработать технологический процесс ремонта замка автосцепки (дефекты 2, 4, 5). Спроектировать приспособление для механической обработки нижней опорной поверхности замка автосцепки.

Разработать систему автоматизированного управления кантователем корпуса автосцепки.

33. Разработать технологический процесс ремонта замкодержателя (дефекты 1, 3, 5). Спроектировать приспособление для механической обработки овального отверстия.

Разработать систему автоматизированного управления позицией механической обработки.

34. Разработать технологический процесс ремонта замкодержателя (дефекты 2, 4). Спроектировать приспособление для механической обработки.

Разработать систему автоматизированного управления кантователем корпуса автосцепки.

35. Разработать технологический процесс ремонта предохранителя замка. Спроектировать приспособление для обработки отверстия.

Разработать систему автоматизированного управления кантователем корпуса автосцепки.

36. Разработать технологический процесс ремонта подъемника. Спроектировать приспособление для механической обработки боковой стенки.

Разработать систему автоматизированного управления порталным манипулятором подачи с позиции разборки автосцепки на позицию наплавки.

37. Разработать технологический процесс ремонта валика подъемника. Спроектировать приспособление для механической обработки.

Разработать систему автоматизированного управления позицией восстановления валика подъемника.

38. Разработать технологический процесс ремонта ударной розетки (дефекты 1, 3, 6). Спроектировать приспособление для сварки и наплавки.

Разработать систему автоматического управления устройством по механической обработке наплавленной поверхности.

39. Разработать технологический процесс ремонта тягового хомута (дефекты 1, 3, 5). Спроектировать приспособление для наплавки.

Разработать систему автоматизированного управления кантователем тягового хомута.

40. Разработать технологический процесс ремонта тягового хомута (дефекты 2, 4, 6). Спроектировать приспособление для дефектоскопирования тягового хомута.

Разработать систему автоматизированного управления позицией дефектоскопирования тягового хомута.

41. Разработать технологический процесс ремонта тягового хомута (дефекты 7, 8, 9). Спроектировать приспособление для механической обработки.

Разработать систему автоматизированного управления позицией для механической обработки отверстия для клина.

42. Разработать технологический процесс ремонта центрирующей балочки грузового вагона. Спроектировать приспособление для механической обработки.

Разработать систему автоматизированного управления установкой по монтажу поглощающих аппаратов.

43. Разработать технологический процесс ремонта корпуса поглощающего аппарата Ш-1-ТМ. Спроектировать приспособление для наплавки.

Разработать систему автоматизированного управления манипулятором для наплавки горловины корпуса поглощающего аппарата.

44. Разработать технологический процесс ремонта упоров и упорных угольников (дефекты 1, 2, 3). Спроектировать приспособление для наплавки.

Разработать систему автоматизированного управления позицией наплавки упорных угольников.

45. Разработать технологический процесс ремонта упоров и упорных угольников (дефекты 4, 5, 6). Спроектировать приспособление для сварки.

Разработать систему автоматизированного управления позицией восстановления пятников.

46. Разработать технологический процесс изготовления хребтовой балки полувагона. Спроектировать приспособление для сборки и сварки хребтовой балки.

Разработать систему автоматизированного управления стендом сборки хребтовой балки.

47. Разработать технологический процесс ремонта консольной части хребтовой балки. Спроектировать приспособление для сборки и сварки.

Разработать систему автоматизированного управления стендом сборки хребтовой балки.

48. Разработать технологический процесс ремонта концевой балки грузового вагона. Спроектировать приспособление для сборки и сварки концевой балки.

Разработать систему автоматизированного управления стендом сборки концевой балки.

49. Разработать технологический процесс ремонта концевой балки. Спроектировать приспособление для сборки и сварки концевой балки при изготовлении грузового вагона.

Разработать систему автоматизированного управления стандом для сварки.

50. Разработать технологический процесс ремонта шкворневой балки грузового вагона. Спроектировать приспособление для сборки и сварки шкворневой балки при изготовлении.

Разработать систему автоматизированного управления стандом сборки шкворневых балок.

51. Разработать технологический процесс ремонта промежуточной балки. Спроектировать приспособление для сборки промежуточной балки или рамы при изготовлении.

Разработать систему автоматизированного управления стандом сборки промежуточных балок.

52. Разработать технологический процесс ремонта штампованных пятников. Спроектировать приспособление для наплавки и механической обработки.

Разработать систему автоматизированного управления установкой для наплавки пятника.

53. Разработать технологический процесс ремонта кузова грузового вагона (все виды ремонта дефекты 1, 2, 3). Спроектировать приспособление для правки кузова вагона.

Разработать систему автоматизированного управления механизмом перемещения вагоноремонтной машиной и узлом правки кузова вагона.

54. Разработать технологический процесс ремонта дверей крытого вагона. Спроектировать приспособление для правки.

Разработать систему автоматизированного управления поточной линией ремонта дверей крытых вагонов.

55. Разработать технологический процесс ремонта торцевых дверей полувагонов. Спроектировать приспособление для правки дверей при снятии с вагона.

Разработать систему автоматизированного управления линией для правки торцевых дверей полувагонов.

56. Разработать технологический процесс ремонта крышек люков полувагона без снятия с вагона. Спроектировать приспособление для правки крышек люков полувагона без снятия.

Разработать систему автоматизированного управления механизмом передвижения вагоноремонтной машины и узлом правки крышек люков.

57. Разработать технологический процесс ремонта крышек люков полувагона со снятием с вагона. Спроектировать приспособление для правки крышек люков со снятием.

Разработать систему автоматизированного управления линией ремонта крышек люков полувагонов.

58. Разработать технологический процесс ремонта запорного механизма торцевых дверей полувагонов. Спроектировать приспособление для правки торцевых стен.

Разработать систему автоматизированного управления механизмом перемещением вагоноремонтной машины и узлом для правки торцевых стен полувагонов.

59. Разработать технологический процесс ремонта обшивки стен грузового цельнометаллического вагона. Спроектировать приспособление для правки кузова.

Разработать систему автоматизированного управления механизмом перемещением вагоноремонтной машины и узлом правки кузова.

60. Разработать технологический процесс ремонта котла цистерны (дефекты 1, 2). Спроектировать приспособление для сборки котлов цистерн.

Разработать систему автоматизированного управления сварочного станда кольцевых швов котла.

61. Разработать технологический процесс ремонта котла цистерны (дефекты 3, 4). Спроектировать приспособление для сборки котлов цистерн.

Разработать систему автоматизированного управления линией сборки обечаек котлов цистерн.

62. Разработать технологический процесс демонтажа внутренних колец подшипников с шейки оси колесной пары. Спроектировать приспособление для шлифовки поверхности качения внутреннего кольца подшипника.

Разработать систему автоматизированного управления установкой для демонтажа внутренних колец.

На основе приведенного списка и списочного состава студентов 4-го курса МФ специальности «Вагоны» издается приказ ректора университета, закрепляющий за каждым студентом конкретный вариант темы комплексного курсового проекта.

## **Раздел 1**

### **Разработка технологического процесса**

#### **1.1. Задание на разработку технологического процесса**

Задание на разработку технологического процесса и всего раздела 1 комплексного курсового проекта студент оформляет в соответствии с приложением А.

#### **1.2. Содержание раздела 1 комплексного курсового проекта**

Тема первого раздела комплексного курсового проекта «Разработка технологического процесса ремонта узла (детали) и проектирование приспособления для ремонта узла (сварки, наплавки, механической обработки, испытания при различных видах нагрузок и др.)».

Первая часть комплексного курсового проекта должна содержать пояснительную записку, комплект технологической документации и графическую часть (чертежи).

Пояснительная записка к разделу 1 ККП объемом 20–30 страниц должна содержать:

- комплект технологической документации на ремонт детали, ведомость технологических документов, карты технологического процесса (КЭ, КТПД, МК);
- текстовое описание процесса, расчеты.

Графическая часть раздела 1 ККП должна содержать:

- чертеж общего вида приспособления (формат А1) – 1 лист;
- узел и детализировка приспособления (формат А1) – 1 лист.

Термины, используемые в курсовом проекте, должны соответствовать ГОСТ 3.1109.

### **1.3. Методические указания к разработке технологического процесса**

#### *1.3.1. Конструктивно-технологическая характеристика узла, условия на ремонт*

В данном разделе пояснительной записки следует рассмотреть основные конструктивные особенности узла, включающего в себя деталь, ремонт которой задан студенту. Например, при задании «Ремонт замка автосцепки» студент должен рассматривать автосцепку в сборе.

Назначение и конструкция узлов вагонов изучается в дисциплине «Вагоны. Конструкция, теория и расчет». Используя знания, полученные при изучении вышеуказанной дисциплины, студент должен описать конструкцию узла в целом, его назначение, особенности взаимодействия деталей узла между собой и другими элементами конструкции.

На основании анализа работы узла следует обосновать конструкцию деталей, учитывая особенности нагружения деталей при работе узла, характер трения в узлах трения, влияние коррозии, производственную и эксплуатационную технологичность.

Далее студент должен изучить и описать материалы, применяемые для изготовления деталей узла и привести их основные характеристики. Например, для сталей, – это степень легирования, содержание углерода, предел прочности, текучести, ударная вязкость. Особое внимание следует уделить степени легирования стали. В пояснительной записке студент должен описать состав стали и проанализировать влияние каждого легирующего элемента на конечные характеристики детали. При написании данной части записки следует использовать знания, полученные при изучении дисциплины «Технология конструкционных материалов».

Затем в пояснительной записке приводится описание технологии изготовления всех деталей узла.

При использовании на заводах нескольких технологий изготовления деталей узла студент должен выполнить их сравнительный анализ и выбрать оптимальный вариант. Например, заготовку оси колесной пары можно получить свободной ковкой, штамповкой на прессе, ковкой на радиально-ковочной машине и поперечно-винтовой прокаткой.

Анализ всех способов позволяет выбрать для серийного производства 25 – 40 осей в час; методковки – на ротационно-ковочных машинах, который и должен быть подробно рассмотрен в курсовом проекте.

В данном разделе описание технологического процесса изготовления узла выполняется в виде последовательного описания операций с указанием технологических режимов и применяемого оборудования.

Описание конструкции деталей узла и технологических операций их изготовления должны сопровождаться иллюстрациями, выполненными в виде схем (без масштабных чертежей), поясняющих текст.

### *1.3.2. Анализ причин и характеристики надежности узла, назначение периодичности ремонта*

В этом разделе пояснительной записки следует привести характеристики надежности узла, проанализировать условия эксплуатации, причины повреждений узла и перечень дефектов, с которыми узел поступает в ремонт. В соответствии с нормативно-технической документацией нужно выделить признаки технического состояния объектов, пришедших в неработоспособное состояние или достигших предельного состояния и не подлежащих восстановлению. Узлы и детали с такими признаками подлежат исключению в металлолом.

В существующей нормативно-технической и конструкторской документации не указывают вид технического состояния узлов и деталей вагонов. Приводятся признаки предельного состояния или отказа, контролируемые при техническом обслуживании и ремонте.

В процессе ремонта вагонов в соответствии с технической документацией производят проверку технического состояния деталей различными методами (визуально, измерениями, шаблонами и калибрами, с помощью средств технического диагностирования и неразрушающего контроля). Установлены признаки, в соответствии с которыми в процессе оценки технического состояния, детали делят на группы:

- не требующие ремонта;
- восстанавливаемые, т. е. допускаемые к ремонту;
- не подлежащие ремонту.

Таковыми признаками являются нарушения сплошности материала (изломы, отколы, трещины, выкрашивание); нарушение формы (деформации, износы); утеря деталей; нарушение взаимного размещения деталей и узлов (сдвиги, смещения, неправильное положение); зазоры, выходящие за установленные пределы; следы нагрева деталей и т. д.

В пояснительной записке следует привести причины возможных отказов рассматриваемого узла и параметр потока отказов или наработку на отказ ремонтируемых деталей, приблизительно назначенный срок службы или назначенный ресурс, а также показатели ремонтпригодности.

Более подробно должны быть рассмотрены возможные дефекты деталей, выявляемые в процессе ремонта. Перечень дефектов и их характер подробно приведены в соответствующей нормативно-технической документации.

Анализ дефектов и причин их образования должен быть увязан со способами восстановления. В этом случае в тексте записки следует указать:

- название дефекта;
- причины образования дефекта;
- способ выявления;
- способ устранения.

Для оценки причин образования дефектов удобно разделить дефекты на группы:

- конструкционные (недостатки конструкции);



- производственные (недостатки или нарушения технологии производства или ремонта);
- эксплуатационные (износ, усталость металла, повреждения из-за нарушения правил технического обслуживания и эксплуатации вагонов).

Такая классификация позволит лучше понять недостатки конструкции и применяемых материалов существующих узлов, недостатки технологии контроля технического состояния и восстановления деталей в процессе ремонта.

Например, частая повреждаемость дверей крытых вагонов вызывается недостатком конструктивного исполнения – размещением роликов для перемещения двери на верхней обвязке двери, в то время как усилие для открывания и закрывания двери прикладывается в зоне нижней обвязки. При такой конструктивной схеме в процессе открывания двери образуется момент силы, воздействующей через ролики на дверной рельс.

Большое количество дефектов является следствием нарушения или несоблюдения параметров технологических процессов ремонта. Например, частые случаи разрыва или проворачивания внутреннего кольца подшипника связаны с неправильным определением натяга при измерении шеек оси и посадочного диаметра колец, вследствие того, что не контролируется температура деталей в процессе измерения.

Или, например, большое количество обрывов автосцепки и большой выход из строя корпусов автосцепки по трещинам связаны с нарушением технологии заварки трещин: способами разделки трещин и подогревом корпуса перед заваркой.

Анализ, аналогичный приведенным примерам, выполняется для каждого варианта задания. В этом же разделе на основании выполненного анализа следует указать меры по улучшению отдельных показателей надежности.

В дальнейшем материал второго раздела используется для разработки технологического процесса ремонта детали.

### *1.3.3. Разработка технологического процесса ремонта узла*

Правила ремонта вагонов и их деталей узлов строго регламентированы нормативно-технической документацией, единой для всех вагоноремонтных предприятий, ремонтирующих вагоны с правом выхода на пути общего пользования. Разработаны и утверждены типовые технологические процессы ремонта вагонов их узлов и деталей. Требования этих технологических процессов являются обязательными, но адаптируются в каждом вагонном депо применительно к местным условиям. Технологи предприятия при адаптации типовых технологических процессов не имеют права изменять перечень и последовательность технологических операций и режимы их выполнения. Адаптация в основном касается организации производства и средств технологического оснащения в тех случаях, когда нет стандартного оборудования. Например, для съема и постановки пятника не регламентирован способ съема и способ приклепывания пятника. В большинстве депо разработаны различные устройства для отрыва

пятника от посадочного места после того как срезаны заклепки и гидравлические скобы для приклепывания пятников.

При выполнении курсового проекта следует ознакомиться с требованиями типовых технологических процессов и с контролируемыми параметрами отремонтированного объекта. Основные технологические операции: правка, заварка трещин, наплавка, механическая обработка, монтаж, сборка должны обеспечить качество, требуемое документацией, включая показатели надежности.

На основании требований типового технологического процесса студент должен разработать технологическую схему организации ремонта узла.

Для разработки технологической схемы необходимо:

1. Определить количество технологических позиций.
2. Определить способ перемещения ремонтируемого узла по позициям.
3. Выбрать оборудование для выполнения технологических операций.
4. Определить необходимую производственную площадь участка.

Количество технологических позиций определяется требованиями типового технологического процесса, в отдельных случаях допустимо совмещение технологических операций на одной позиции (например, контроль геометрических параметров и неразрушающий контроль деталей рамы тележки 18-100). В другом случае позиции следует дублировать для обеспечения стабильности ритма работы. Например, для ремонта и сборки тележки следует предусмотреть две или более позиции. В случае технологической перегрузки позиции ее следует разбить на две или более. Например, при полном освидетельствовании колесных пар предусмотрен неразрушающий контроль вихретоковым, магнитопорошковым и ультразвуковым методами, что серьезно затрудняет организацию работы на одной позиции.

При определении количества технологических позиций следует учитывать производственную программу предприятия, имея в виду, что в среднем программа вагонного депо составляет 3,5–4 тысяч вагонов в год.

Определив количество технологических позиций, студент должен принять способ перемещения ремонтируемого узла. Для перемещения могут быть применены стандартные грузоподъемные механизмы (краны, кран-балки, мონорельсы и т. п.), нестандартные (манипуляторы, конвейеры, рольганги и т. п.), рельсовые пути.

На данном этапе проектирования следует уделить особое внимание рациональности и минимизации всех транспортных перемещений.

Детали при разборке, ремонте и сборке узла должны перемещаться по кратчайшему пути, противотоки при перемещении деталей допускаются в исключительных случаях.

На следующем этапе проектирования студент должен выбрать оборудование, применяемое при ремонте узла.

В настоящее время на рынке представлен широкий спектр специализированного оборудования для ремонта деталей и узлов вагонов. Представленное оборудование отличается по производительности, ресурсу, цене, габаритам.

Основная задача – выбор оборудования, максимально отвечающего условиям данного производства. Предпочтение следует отдавать оборудованию, обладающему лучшим соотношением *цена – качество*, наиболее производительному и максимально исключаящему «человеческий фактор», т. е. влияние исполнителя на качество выполнения технологической операции.

Выбранное оборудование расставляется на схеме с учетом его габаритов, рабочих зон, технологических проходов и проездов. При этом следует учитывать удобство обслуживания оборудования и монтаж вспомогательных систем. Например, моечные машины следует располагать в одной зоне с целью оптимизации монтажа трубопроводов и пунктов управления. Проектируя сварочные кабины, необходимо учитывать простоту монтажа систем вытяжной вентиляции. Недопустимо располагать в непосредственной близости сварочное и металлорежущее оборудование.

На основе схемы расстановки технологического оборудования разрабатывается комплект технологической документации на технологический процесс ремонт детали, включающий в себя:

- титульный лист;
- ведомость технологических документов;
- пояснительную записку;
- карты эскизов;
- карты технологического процесса дефектации;
- карты технологического процесса ремонта.

Титульный лист (ТЛ) комплекта технологической документации на ремонт узла выполняется по требованиям ГОСТ 3.1105-84 форма 1, 2.

Ведомость технологической документации (ВТД) должна содержать перечень технологических документов, входящих в комплект, соответствовать ГОСТ 3.1122-84 форма 4, 4а.

Технологическая инструкция оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1105-84, в виде текстовой пояснительной записки, содержащей подробное описание организации ремонта узла на всех технологических позициях. Например, «колесная пара, требующая производства полного освидетельствования, подается транспортером цепного типа по передаточному пути из участка ремонта тележек на позицию предварительного осмотра участка ремонта колесных пар. Позиция предварительного осмотра оборудована вращателем колесной пары с электроприводом и пневматическим выталкивателем. Позиция имеет рабочую зону и освещение, позволяющее бригадире участка выполнять осмотр.

Предварительный осмотр колесных пар выполняется с целью обнаружения дефектов по вторичным признакам (следы коррозии, разрывы краски, концентрация инея и т. п.), которые уничтожаются при очистке. Также на этой позиции уточняется вид ремонта и освидетельствования. После осмотра колесная пара выталкивается пневматическим толкателем на наклонный путь, по которому под действием силы тяжести перекачивается на следующую позицию...».

После технологической инструкции оформляется маршрутное описание технологического процесса ремонта детали.

Карты эскизов (КЭ) предназначены для иллюстрации технологических операций, как правило, сборки-разборки, неразрушающего контроля и дефектации. Карты эскизов оформляются в соответствии с ГОСТ 3.1105-84.

Для иллюстрации сборочных операций на КЭ изображаются сборочные эскизы узла с нумерацией деталей.

Для операций неразрушающего контроля изображаются зоны контроля, порядок сканирования и т. п.

Для дефектации на эскизах деталей условно изображаются возможные дефекты.

Карты технологического процесса дефектации (КТПД) оформляются в соответствии с ГОСТ 3.1118-82 формы 1б, 2; должны содержать сведения обо всех возможных дефектах детали, способах дефектации, применяемом оборудовании и браковочных нормах.

Карты технологического процесса ремонта (КТПР) оформляются в соответствии с ГОСТ 3.1118-82 и содержат описание технологических операций ремонта, режимов, оборудования и материалов.

Формы технологических документов, приведенные выше, содержатся в государственных стандартах ЕСТД: 3.1103-82, 3.1122-84, 3.1105-84. Примеры заполнения маршрутных карт приведены в приложении Б.

Для изложения технологических процессов в маршрутных картах используют способ заполнения, при котором информацию вносят построчно несколькими типами строк. Каждому типу строки соответствует свой служебный символ. Символы определяют состав информации, заносимой в графы строки, обозначенной символом. Постановка служебных символов является обязательной и не зависит от вида документа. Количество строк, обозначенных одним символом, не регламентируется.

Используют следующие символы:

- А – номер цеха, производственного участка, номер операции, код и наименование операции;
- Б – код и наименование оборудования;
- К – информация по комплектации изделия составными частями с указанием наименования деталей, их обозначений, кода единицы величины, единицы нормирования, количества на изделие, нормы расхода;
- М – информация о применяемом основном материале и исходной заготовке с указанием кода материала, кода единицы величины расхода, единицы нормирования, количества на изделие, нормы расхода;
- О – содержание операции, перехода;
- Р – информация по технологическим режимам;
- Т – информация о технологической оснастке.

В случае применения МК в качестве КТПР в графе «Код, наименование операции» перед наименованием указывается «Код, наименование дефекта».

При применении МК в качестве КТПД данные по контролируемым параметрам вписывают отдельной строкой со служебным символом «Д/Т» после строки со служебным символом «К2» или «М».

При применении МК в качестве КТТПО, ОКН, ОКОР режимы технологического процесса вписывают отдельной строкой с привязкой к служебному символу «Р».

Условные обозначения параметров режимов приведены в приложении В.

Виды документов, заголовки колонок в картах, обозначения в картах, виды технологических процессов, виды работ обозначают условными буквенными и цифровыми кодами (приложение В).

Карты технологического процесса заполняют в соответствии с данными, приведенными в расчетно-пояснительной записке.

На титульном листе комплекта технологической документации нужно указать название агентства (ФАЖД), учебного заведения (УрГУПС) и кафедры («Вагоны»), название технологического процесса, проставить подписи студента и руководителя проектирования, даты сдачи и приемки проекта.

На картах технологического процесса следует указать наименование организации – УрГУПС, фамилии студента и руководителя.

Технологические документы выполняют на листах писчей бумаги формата А4 (210 x 297 мм) чертежным шрифтом.

#### *1.3.4. Проектирование и расчет приспособления*

В задании на курсовой проект приведено название нестандартизированного технологического оборудования или технологической оснастки для самостоятельной разработки.

В процессе проектирования нестандартизированного технологического оборудования или технологической оснастки необходимо последовательно рассмотреть комплекс перечисленных ниже вопросов:

1. Поиск готовых технических решений, т. е. аналогичных устройств такого же назначения, как указанные в задании для разработки. Описание и техническая характеристика устройств могут быть найдены в научно-технической документации департамента вагонного хозяйства ОАО «РЖД» и в технической литературе. Известное устройство может быть использовано в качестве прототипа. В этом случае следует внести изменения в конструкцию с целью ее усовершенствования. В качестве примеров можно привести переделку моечных машин с низким давлением воды на высокое давление, увеличение мощности устройств для правки деформированных элементов кузова вагона, замену пневматического привода на гидравлический в прессах для сжатия поглощающих аппаратов автосцепки, использование гидропневматических усилителей (мультипликаторов) в гидроскобах для клепки и др.

2. Если известное техническое решение не найдено, производится поиск и разработка технического решения для последующей разработки конструкции.

3. Определение и обоснование исходных данных для проектирования, например: усилия правки деформированных элементов вагона, момента затяжки болтов и гаек, давления воды в моечных установках, усилия сжатия поглощающих аппаратов автосцепки, угла поворота колесной пары или тележки в процессе транспортировки и ремонта ( $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ), угла поворота детали на кантователе. Одновременно составляется перечень, характеристики и последовательность технологических операций, выполняемых с помощью разрабатываемого устройства, например: подъем, поворот, опускание колесной пары поворотным устройством. Задают габаритные размеры.

4. Для технологического оборудования с приводом – выбор привода: электрический, гидравлический, пневматический, электромагнитный, ручной, комбинированный. Условия выбора привода: простота конструкций; низкая стоимость изготовления и эксплуатации; высокая надежность. В вагонных депо во многих случаях наиболее эффективным решением является использование пневматического привода с питанием от сети сжатого воздуха.

5. Разработка кинематической схемы устройства. Если разрабатываемое устройство является технологической оснасткой, то следует привести схему, показывающую использование оснастки в комплексе с технологическим оборудованием. Например, приспособление к строгальному или фрезерному станку для крепления детали при обработке нужно показать установленным на столе станка с закрепленной на нем деталью.

6. Разработка конструкции устройства. Выполняют эскиз (эскизный проект), затем чертеж общего вида.

Чертеж общего вида выполняют с учетом всех исходных данных. Обязательны заданные размеры. Остальные размеры получают при построении чертежа.

Используя чертеж общего вида, прорисовывают детали и сборочные единицы. В процессе разработки конструкции устройства учитывают технологические возможности изготовления в условиях предприятия.

Новые нестандартизованные средства технического оснащения следует проектировать с наибольшим использованием стандартных изделий, например, электродвигателей, редукторов, соединительных муфт, резиновых деталей, метизов и т. д. В практике часто применяют детали подвижного состава, например, тормозные цилиндры, концевые и разобщительные краны, краны машиниста, регуляторы давления и т. п.

Насосные станции для гидравлических устройств практически собирают из стандартных изделий.

Разрабатываемое устройство в большинстве случаев имеет базовую деталь, на которой производится сборка. Базовой деталью может быть рама, станина, каркас, корпус, плита и т. д. Операции сборки и разборки изделия должны быть разработаны в процессе проектирования, следует определить их последовательность.

Необходимо проработать способ крепления приспособлений к технологическому оборудованию. Размеры приспособлений на металлорежущие станки должны соответствовать возможности прохода режущего инструмента.

Конструкция устройства должна быть простой, удобной для работы, технического обслуживания, разборки и сборки.

7. Расчет основных несущих элементов устройства и корректировка чертежей. Практикуется разработка деталей устройства с сечениями основных элементов, заданных из конструктивных соображений, т. е. на основании опыта и с учетом случайных нагрузок. Затем производят проверочный расчет на заданные рабочие нагрузки деталей, лимитирующих прочность всей конструкции.

Раздел пояснительной записки по проектированию средств технологического оснащения должен состоять из двух подразделов:

- 1) назначение и техническое описание устройства;
- 2) расчет основных элементов.

В первом подразделе следует привести исходные данные, техническое описание, техническую характеристику, инструкцию по эксплуатации.

Во втором подразделе необходимо привести методики расчетов на прочность, расчетные схемы, исходные данные для расчетов и результаты.

### *1.3.5. Требования охраны труда при ремонте узла (детали)*

Задания на курсовое проектирование сформированы таким образом, что при ремонте каждой детали занят работник одной специальности (электросварщик, слесарь, бригадир и т. д.), поэтому в данном разделе следует рассматривать требования охраны труда для работника, выполняющего ремонт детали.

В разделе должны быть рассмотрены следующие вопросы:

1. Требования охраны труда до начала работы.
2. Требования охраны труда во время работы.
3. Требования охраны труда после окончания работы.

При рассмотрении вышеуказанных вопросов студент должен перечислить необходимые средства индивидуальной защиты, порядок их применения; требования к оборудованию, порядок и особенности его проверки; требования к инструменту и приспособлениям.

Также должны быть рассмотрены меры пожарной безопасности и способы оказания первой доврачебной помощи.

При написании данного раздела следует руководствоваться перечнем вредных и опасных производственных факторов для данной специальности.

## **Раздел 2**

### **Разработка системы автоматизации технологического процесса**

#### **2.1. Задание на разработку системы автоматизации и содержание раздела 2**

Поскольку объектом автоматизации при выполнении комплексного курсового проекта (ККП) является, как правило, тот технологический процесс, который должен быть разработан в разделе 1 ККП, сформулировать заранее предметное задание на разработку системы автоматизации не представляется возможным. В этих условиях заданием на разработку системы автоматизации следует считать ту часть формулировки темы ККП, которая определяет объект автоматизации.

При выполнении ККП по любой из тем, приведенных в их списке (см. с. 7...13), в разделе 2 должна быть разработана релейно-контакторная система автоматического управления (САУ) или автоматизированная система управления (АСУ) конкретным объектом управления, названным в теме ККП.

Основные этапы разработки САУ (АСУ):

- разработка функциональной схемы САУ (АСУ);
- выбор элементов САУ (АСУ), необходимые расчеты;
- разработка принципиальной электрической схемы САУ (АСУ).

В отдельных темах ККП (например темы № 9, 13, 14 и др.) наименование объекта автоматизации не совпадает с наименованием технологического процесса, подлежащего разработке.

При выполнении раздела 2 ККП по таким темам необходимо до начала разработки функциональной схемы САУ (АСУ) изучить, пользуясь технической литературой, тот процесс, который определен в качестве объекта автоматизации, и составить технологическую инструкцию на его выполнение (см. п. 1.3.3).

Объем пояснительной записки по разделу 2 ККП: 15–20 страниц формата А4.

Графическая часть к этому разделу:

- функциональная схема САУ (АСУ) – 1 лист (формат А2);
- принципиальная электрическая схема САУ (АСУ) – 1 лист (формат А1, А2).



## **2.2. Методические указания к разработке системы автоматизации**

### *2.2.1. Разработка функциональной схемы САУ (АСУ)*

Разработка функциональной схемы системы автоматизации технологического процесса или отдельных его операций – очень важный и ответственный этап проектирования САУ. Функциональная схема – это основной технический документ, определяющий структуру и функциональные связи между технологическим процессом (объект управления) и средствами автоматического управления. Она представляет собой чертеж, на котором схематически, условными обозначениями изображены технологическое оборудование, энергетические коммуникации, органы управления (регулирующие органы), приборы и средства автоматизации, а также связи между технологическим оборудованием и элементами автоматики, связи между отдельными элементами автоматики. Учитывая учебный характер курсового проекта, допустимо изображать технологическое оборудование на функциональных схемах упрощенно, т. е. изображать лишь двигатели приводов рабочих органов применяемого оборудования и иные преобразователи энергии, поскольку именно на эти элементы направлены все управляющие воздействия по ходу технологического процесса. Всевозможные вспомогательные устройства на функциональных схемах не изображаются. Элементы технологических коммуникаций (трубопроводов) жидкости и газа на функциональных схемах изображают в соответствии с ГОСТ 2.784-70, арматуру трубопроводную – в соответствии с ГОСТ 2.785-70, элементы санитарно-технических устройств – в соответствии с ГОСТ 2.786-70.

Для обозначения среды, транспортируемой тем или иным трубопроводом, следует использовать цифровые обозначения сред, предусмотренные ГОСТ 3464-63 «Чертежи в машиностроении» (см. приложение Г). Цифры, обозначающие транспортируемые трубопроводом среды, проставляют в разрывах линий, изображающих трубопроводы, на расстоянии не менее 50 мм друг от друга. Органы управления, приборы и средства автоматизации должны изображаться на функциональных схемах в соответствии с ОСТ 36.27-77 «Приборы и средства автоматизации. Обозначения условные в схемах автоматизации технологических процессов». Предусмотренные этим ОСТом условные графические обозначения приборов и средств автоматизации, а также геометрические размеры названных обозначений приведены в приложении Д. Как видно из приложения, для всех измерительных преобразователей и приборов (измерительных, регистрирующих, регулирующих и т. д.) принято единое графическое обозначение в виде окружности или овала. В этих условиях необходимо кроме графического условного обозначения вводить дополнительные буквенные обозначения, которые определяют назначение, выполняемые функции и некоторые характеристики работы прибора. Буквенное обозначение прибора по ОСТ 36.27-77 может содержать несколько букв (обычно не более трех). Первая буква в обозначении определяет измеряемую (регулируемую) величину, вторая и по-

следующие буквы – функции, выполняемые прибором. Буквенные обозначения измеряемых (регулируемых) величин и выполняемых приборами функций, предусмотренные ОСТ 36.27-77, приведены в приложениях Е и Ж. Если прибор выполняет несколько функций, то запись его функциональных признаков в буквенном обозначении производят в строго определенной последовательности: показание (индикация) – *I*, регистрация – *R*, регулирование, управление – *C*; включение, отключение, переключение – *S*; сигнализация – *A*. В условные обозначения прибора вносят буквенные символы только тех его функциональных признаков, которые используются в данной конкретной схеме. В соответствии с этим возможны, например такие буквенные обозначения приборов:

- TE* – датчик (измерительный преобразователь) температуры;
- PE* – датчик давления;
- LE* – датчик уровня;
- GE* – датчик перемещения (положения, размера);
- ME* – датчик влажности;
- FE* – датчик расхода;
- TRC* – прибор, регистрирующий и регулирующий температуру;
- PIC* – прибор, показывающий и регулирующий давление;
- LC* – прибор, регулирующий уровень;
- KC* – программно-временное регулирующее (управляющее) устройство.

Всем однотипным (по назначению) элементам функциональной схемы необходимо присвоить позиционные обозначения, которые в обязательном порядке должны быть сохранены и на электрической принципиальной схеме, разрабатываемой на заключительной стадии курсового проекта.

Выполняются позиционные обозначения элементов с помощью арабских цифр, проставляемых внутри условных графических обозначений элементов (под буквенными их обозначениями) или рядом с условными графическими обозначениями (после буквенных обозначений элементов).

Разработку функциональной схемы САУ следует начинать с нанесения условных изображений двигателей всех механизмов, задействованных в автоматизируемом технологическом процессе (объекте), а также регулирующих органов (устройств, обеспечивающих подачу и, в общем случае регулирование потока энергии к двигателям) и исполнительных механизмов (устройств, приводящих в действие регулирующие органы).

Учитывая многообразие типов приводов рабочих органов машин как по виду используемой энергии (электрические, пневматические, гидравлические), так и по требуемому характеру перемещений (неревверсивные, реверсивные), в функциональных схемах реальных САУ могут найти применение некоторые из типовых узлов (блоков), приведенных на рис. 2.1.

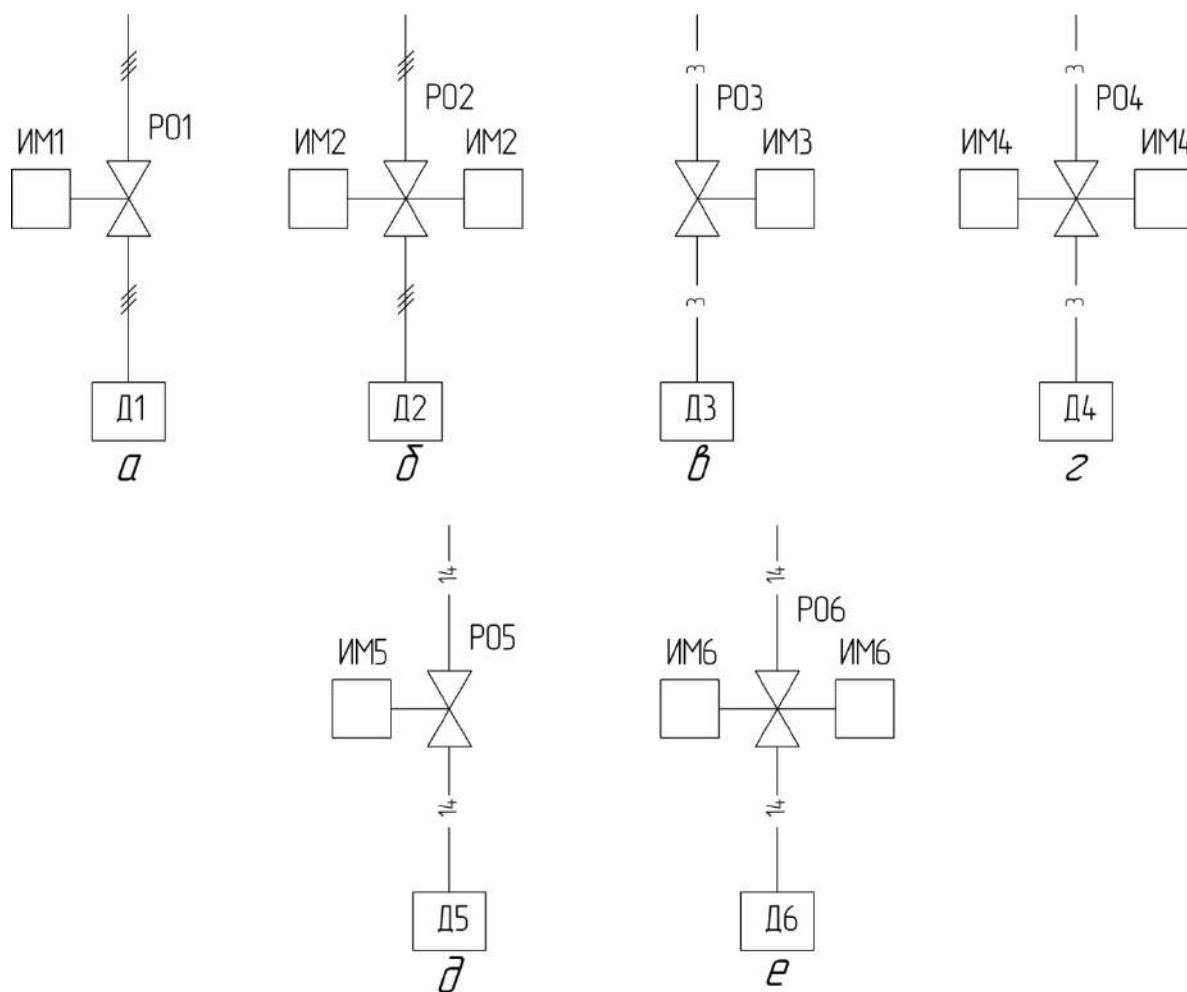


Рис. 2.1. Типовые блоки функциональных схем систем автоматического управления приводами рабочих органов машин:

*a* – неревверсивный электрический привод с использованием трехфазного асинхронного двигателя; *б* – реверсивный электрический привод с использованием трехфазного асинхронного двигателя; *в* – пневматический привод одностороннего действия; *г* – пневматический привод двухстороннего действия; *д* – гидравлический привод одностороннего действия; *е* – гидравлический привод двухстороннего действия

Какие из приведенных на рис. 2.1 блоков будут присутствовать в функциональной схеме конкретной САУ и в каком количестве, зависит от конструктивного исполнения установки, реализующей автоматизируемый технологический процесс, и от тех соображений о типах приводов рабочих органов этой установки, которые нашли отражение в ходе разработки технологического процесса.

Следует также иметь в виду, что в общем случае при разработке САУ может возникнуть необходимость управлять не только двигателями приводов рабочих органов машин, но и другими технологическими преобразователями энергии (нагревательные установки, сварочные агрегаты, генераторы ультразвуковых колебаний и т. д.). Условные изображения этих установок должны быть представлены на функциональной схеме САУ (рис. 2.2).

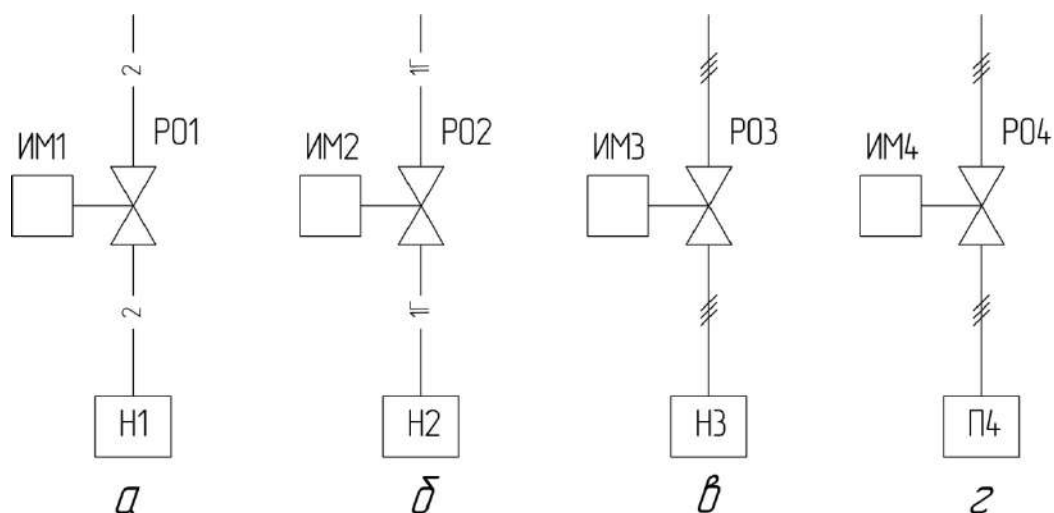


Рис. 2.2. Дополнительные типовые блоки функциональных схем САУ для случаев, когда в автоматизируемом процессе (объекте) используются и другие (кроме двигателей) преобразователи энергии:

*а* – нагревательная установка, теплоносителем в которой является пар;

*б* – нагревательная установка, теплоносителем в которой является горячая вода;

*в* – электрическая нагревательная установка; *г* – технологическая установка, построенная на использовании электрической энергии (например, генератор ультразвуковых колебаний)

После того как на функциональную схему САУ будут нанесены условные обозначения всех технологических преобразователей энергии с их регулирующими органами и исполнительными механизмами, необходимо дополнить эту схему условными обозначениями средств автоматизации (элементов автоматики). Количество и типаж средств зависит от принципа построения САУ (в функции пути, в функции времени, комбинированный принцип). В подавляющем числе автоматизируемых технологических процессов (объектов) наиболее предпочтительным является комбинированный принцип автоматического управления. При практической реализации данного принципа в качестве основных средств автоматизации используются датчики положения рабочих органов машин и программно-временные устройства. Наряду с ними, в конкретных случаях может оказаться необходимым использовать и иные датчики (например датчики температуры, датчики уровня и т. д.).

При разработке автоматизированных систем автоматического управления (АСУ) к числу средств управления относятся и те органы управления, которые приводятся в действие оператором.

Оговорив принцип, положенный в основу построения разрабатываемой АСУ, все необходимые средства управления надо изобразить на функциональной схеме, взаимное расположение условных обозначений названных средств может быть произвольным. Однако с целью получения наиболее компактного варианта функциональной схемы, целесообразно располагать условные обозначения отдельных элементов системы управления ближе к тем исполнительным механизмам, на которые они будут воздействовать в ходе процесса.

Исходя из этого, например, датчики положения того или иного рабочего органа машины (установки) следует обозначать по возможности вблизи изображения исполнительного механизма того двигателя, который обеспечивает перемещение данного рабочего органа, а программно-временное устройство – в средней части функциональной схемы.

Когда на функциональной схеме САУ появились изображения всех элементов системы, начинается основной этап разработки такой схемы – нанесение связей между элементами САУ и исполнительными механизмами всех устройств, задействованных в автоматизируемом технологическом процессе. Решение задачи не доставит особых трудностей, если при разработке технологического процесса нашли достаточное отражение не только вопросы очередности срабатывания рабочих органов машины (установки) при осуществлении операций технологического процесса, но и были четко сформулированы условия перехода от одной операции к другой. Не исключено, что на этой стадии разработки функциональной схемы САУ окажется необходимым возвращаться к описанию технологического процесса и вносить дополнения и уточнения в те пункты описания, которые сформулированы недостаточно четко или допускают неоднозначное истолкование.

Общие рекомендации по вопросу о том, как решать эту задачу, сводятся к тому, что вход каждого исполнительного механизма надо соединить с выходами тех элементов автоматики, которые тем или иным образом участвуют в управлении конкретным двигателем или другим преобразователем энергии (обеспечивают включение, выключение, реверсирование, регулирование). При этом надо опираться на описание технологического процесса и те соображения о координации действий отдельных рабочих органов машины (установки), которые сформулированы в вашем описании.

Следует иметь в виду, что при нанесении на функциональную схему САУ линий связей между элементами системы не допускается соединять сами эти линии, так как это приводит к потере информации, необходимой на последующих этапах выполнения курсового проекта.

Что касается описания функциональной схемы САУ, то начинать его надо с расшифровки буквенно-цифровых обозначений всех элементов схемы. Затем необходимо четко и лаконично сформулировать условия, при которых происходит включение каждого из двигателей (и иных преобразователей энергии), изображенных на схеме, а также условия их отключения. Если двигатель какого-либо рабочего органа будет реверсивным, то надо сформулировать такие условия как для прямого, так и для обратного хода.

Желательно, чтобы очередность, в которой будут излагаться оговоренные выше условия применительно к каждому конкретному преобразователю энергии, соответствовала очередности действий этих преобразователей в ходе технологического процесса.

Более подробные сведения о разработке функциональных схем систем управления различными видами двигателей и иных преобразователей энергии можно найти в учебно-методическом пособии [23].

Составить представление о том, как должна выглядеть функциональная схема САУ (АСУ), поможет схема, приведенная на рис. 2.3. Буквенно-цифровые обозначения, имеющиеся на этом рисунке, расшифровываются следующим образом:

*M1* – двигатель привода входных дверей (реверсивный);

*M2* – двигатель привода выходных дверей (реверсивный);

*M3* – двигатель первого насоса (для моющего раствора);

*M4* – двигатель второго насоса (для воды);

*PO1...PO4* – регулирующие органы соответствующих органов;

*ИМ1...ИМ4* – исполнительные механизмы прямого хода соответствующих двигателей;

*ИМ1'*, *ИМ2'* – исполнительные механизмы обратного хода двигателей *M1* и *M2* соответственно;

*GE1* (*GE3*) – датчик открытого положения входных (выходных) дверей;

*GE2* (*GE4*) – датчик закрытого положения входных (выходных) дверей;

*GE5* – датчик наличия тележки в камере на позиции обмывки;

*КС* – программно-временное управляющее устройство;

*LE1* – датчик предельно-допустимого минимального уровня моющего раствора в соответствующем баке;

*LE2* – датчик предельно-допустимого минимального уровня воды;

*TE1* – датчик температуры моющего раствора;

*TE2* – датчик температуры воды для ополаскивания тележек.

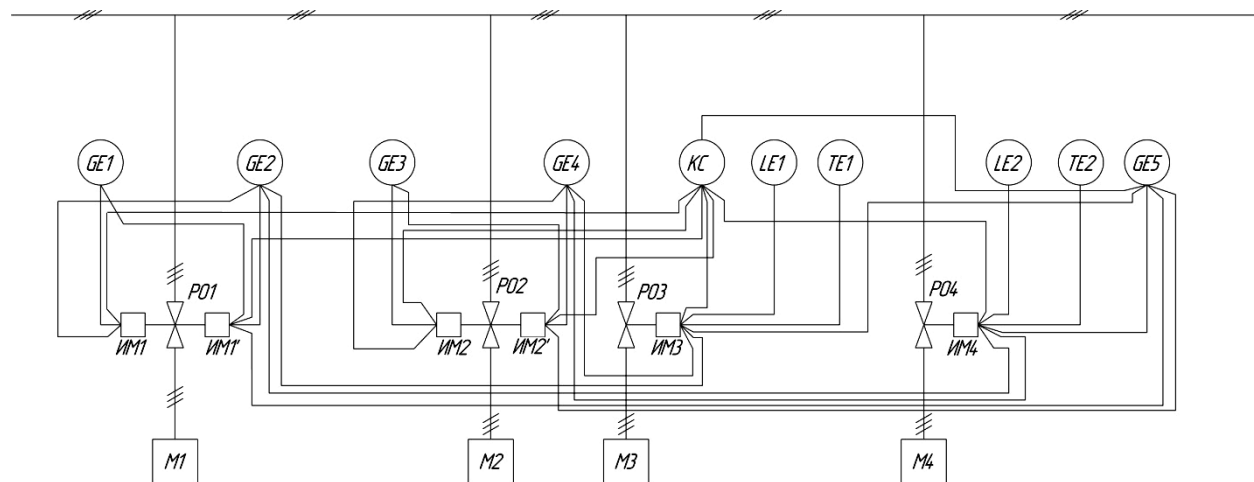


Рис. 2.3. Фрагмент функциональной схемы САУ моечной машины для тележек грузовых вагонов

Элементный состав приведенного фрагмента функциональной схемы был бы понятен любому из обучающихся, если бы он сам разработал или внимательно изучил технологический процесс обмывки тележек и усвоил принципы построения релейно-контакторных САУ приводами машин. Поскольку в данном случае рассмотрению примера функциональной схемы не предшествовали

ни разработка, ни изучение технологического процесса обмывки тележек, необходимо привести хотя бы самые общие сведения об этом.

Обмывка тележек грузовых вагонов производится, как правило, в моечных машинах проходного типа, оснащенных системой разнообразных механизмов (перемещения тележки, открытия-закрытия входных и выходных дверей камеры обмывки, привода насосов, привода направляющего устройства для стока отработанных жидкостей и т. д.). Рабочий цикл моечной машины складывается из следующих основных операций:

- подача тележки в моечную машину;
- обмывка тележки моющим раствором;
- ополаскивание тележки чистой водой;
- выдача тележки из моечной машины.

Все перечисленные, как и другие, не названные здесь вспомогательные операции (открытие-закрытие входных и выходных дверей моечной машины, вентиляция камеры обмывки, предупреждение смешивания отработанных жидкостей и др.), выполняются соответствующими механизмами, каждый из которых оснащен двигателем.

Как видно из рис. 2.3, фрагмент функциональной схемы САУ моечной машины включает в себя лишь двигатели механизмов привода входных и выходных дверей моечной машины, а также двигатели двух насосов. В ходе процесса обмывки тележки двигатели *M1–M4* должны срабатывать в определенной последовательности. Так, включение двигателей *M1*, *M2* на прямой ход (открытие дверей) должно производиться по окончании процесса обмывки тележки, находящейся в камере на позиции обмывки, т. е. после выключения двигателей обоих насосов. Следует подчеркнуть, что двигатели *M1*, *M2* должны включаться – выключаться синхронно, так как подача в моечную машину очередной тележки и выдача из нее обмытой тележки производится, как правило, одним и тем же механизмом (конвейером). Двигатель конвейера во фрагмент функциональной схемы не попал, но на полной функциональной схеме САУ моечной машины он обязательно должен быть представлен. Включение этого двигателя на рабочий ход происходит при полностью открытых входных и выходных дверях. За счет рабочего хода конвейера обмытая тележка будет выведена из моечной камеры, а очередная – подана на позицию обмывки. Как только данные операции будут осуществлены, необходимо закрыть двери моечной машины, т. е. включить двигатели *M1*, *M2* на обратный ход. По завершении вспомогательной операции закрытия дверей начинается технологическая операция обмывки тележки, т. е. включается на определенный промежуток времени двигатель *M3* первого насоса, подающего в гидравлическую систему моечной машины моющий раствор. Затем, после выключения двигателя *M3*, включается двигатель *M4* второго насоса, подающего в гидравлическую систему моечной машины чистую воду для ополаскивания тележки. По истечении времени ополаскивания, установленного операционной картой процесса обмывки тележки, двигатель *M4* выключается, вновь открываются двери моечной машины, т. е. начинается повторный цикл ее работы.

Приведенное описание технологического процесса обмывки тележки позволяет нам разобраться с элементным составом фрагмента функциональной схемы САУ моечной машины, приведенного на рис. 2.3, но оно было бы совершенно недостаточным, если бы речь шла обо всей функциональной схеме данной САУ. В последнем случае в описании технологического процесса следовало бы привести более подробные данные о конструкции моечной машины, сведения о моющем растворе (что он собой представляет, с какой температурой и под каким давлением он должен подаваться в гидравлическую систему моечной машины, в каком количестве –  $\text{м}^3/\text{с}$ ), сведения о воде для ополаскивания (точно такие же, как и о моющем растворе), указать объем баков для моющих жидкостей и минимально-допустимый их уровень (т. е. запас) баках в ходе процесса обмывки тележки, указать длительность операций обмывки и ополаскивания.

Теперь, когда на основе приведенного выше краткого описания технологического процесса стал понятным элементный состав фрагмента функциональной схемы, необходимо пояснить, как решается вопрос о многочисленных коммуникациях (линиях связи) между элементами этой схемы, изображенных на рис. 2.3. Проще всего это можно сделать, приведя формулировки условий включения-выключения каждого из двигателей *M1–M4* при нормальном функционировании моечной машины. К формулированию таких условий мы и приступим.

Двигатель *M1*:

- а) условия включения на прямой ход (открытие входной двери):
  - 1) входная дверь закрыта (*GE2-ИМ1*);
  - 2) обмывка тележки (предыдущей) завершена (*КС-ИМ1*).
- б) условия выключения прямого хода:
  - а) входная дверь открыта (*GE1-ИМ1*).
- в) условия включения на обратный ход (закрытие двери):
  - 1) входная дверь открыта (*GE1-ИМ1'*);
  - 2) предыдущая тележка выведена из камеры моечной машины (*КС-ИМ1'*);
  - 3) очередная тележка поступила на позицию обмывки (*GE5-ИМ1'*).
- г) условия выключения обратного хода:
  - 1) входная дверь закрыта (*GE2-ИМ1'*).

Двигатель *M2*:

- а) условия включения на прямой ход (открытие двери):
  - 1) выходная дверь закрыта (*GE4-ИМ2*);
  - 2) обмывка тележки завершена (*КС-ИМ2*).
- б) условия выключения прямого хода:
  - 1) выходная дверь открыта (*GE3-ИМ2*);
- в) условия включения на обратный ход:
  - 1) выходная дверь открыта (*GE3-ИМ2'*);
  - 2) обмытая тележка выведена из камеры моечной машины (*КС-ИМ2'*);
  - 3) очередная тележка поступила на позицию обмывки (*GE5-ИМ2'*).



г) условия выключения обратного хода:

1) выходная дверь открыта (*GE4-ИМ2*).

Двигатель *М3*:

а) условия включения:

1) входная дверь закрыта (*GE2-ИМ3*);

2) выходная дверь закрыта (*GE4-ИМ3*);

3) температура моющего раствора соответствует норме (*TE1-ИМ3*);

4) уровень (запас) моющего раствора в баке превышает минимально-допустимый (*LE1-ИМ3*);

5) начат отсчет времени обмывки тележки моющим раствором (*КС-ИМ3*);

6) на позиции обмывки есть тележка (*GE5-ИМ3*).

б) условия выключения:

1) время обмывки тележки раствором истекло (*КС-ИМ3*).

Двигатель *М4*:

а) условия включения:

1) входная дверь закрыта (*GE2-ИМ4*);

2) выходная дверь закрыта (*GE4-ИМ4*);

3) температура воды соответствует норме (*TE1-ИМ4*);

4) уровень (запас) воды в соответствующем баке превышает минимально-допустимый (*LE2-ИМ4*);

5) начат отсчет времени ополаскивания тележки (*КС-ИМ4*);

6) на позиции обмывки есть тележка (*GE5-ИМ4*).

б) условия выключения:

1) время ополаскивания тележки истекло (*КС-ИМ4*).

В приведенных условиях включения-выключения двигателей *М1–М4* в скобках после словесной формулировки каждого условия названа та коммуникация, т. е. линия связи между соответствующими элементами функциональной схемы, благодаря наличию которой реализуется выполнение данного условия.

Таким образом, после завершения формулирования условий включения-выключения нанесение на схему многочисленных коммуникаций между ее элементами становится чисто технической процедурой, требующей от исполнителя лишь аккуратности и внимания.

При тщательном рассмотрении схемы, приведенной на рис. 2.3, можно заметить, что в ней имеется коммуникация *GE5-КС*, о которой нет упоминания в условиях включения-выключения. Данная коммуникация свидетельствует о том, что программно-временное устройство управляется датчиком *GE5*. Благодаря наличию этой коммуникации отсчет такта работы моечной машины начинается с момента появления тележки на позиции обмывки.

### 2.2.2. Выбор элементов САУ (АСУ) и необходимые расчеты

Когда функциональная схема системы автоматизации разработана, становится известным элементный состав системы и можно приступить к выбору ее

элементов. В общем случае выбор каждого из основных функциональных элементов системы складывается из выбора его типа и выбора типоразмера. При решении первой из названных задач следует руководствоваться следующими общими принципами:

- при выборе типа всех технических средств автоматизации надо исходить из вида и характера технологического процесса, параметров и физико-химических свойств контролируемой среды, условий пожаро-и взрывоопасности окружающей среды;
- каждая конкретная система автоматизации должна строиться на базе серийно выпускаемых средств автоматизации государственной системы промышленных приборов (ГСП). При этом необходимо стремиться к применению однотипных средств (приборов одной ветви ГСП – электрической, пневматической или гидравлической).

Исходя из этих принципов, нельзя, например, использовать:

- электрические элементы автоматики – во взрыво- и пожароопасных помещениях;
- пневматические элементы – в случае высоких требований к быстродействию системы, а также при необходимости передачи сигналов управления (пневматических) на расстояние свыше 300 м;
- гидравлические элементы – при широком диапазоне изменения температуры окружающей среды и дальности передачи гидравлических сигналов свыше 150 м по горизонтали или 50 м по вертикали.

Руководствуясь указанными принципами, описанием технологического процесса, существующей методикой выбора отдельных элементов автоматики [36 с. 29–316], располагая каталогами и справочниками по средствам автоматизации [44, 45 и др.], можно достаточно обоснованно решить вопрос о выборе типа каждого элемента автоматики.

Выбор типоразмера (конкретной модификации) элементов автоматики имеет свои особенности применительно к каждой функциональной группе (первичные измерительные преобразователи, исполнительные механизмы, регулирующие органы). Так, выбор типоразмера большинства разновидностей первичных преобразователей (датчиков) производится без каких-либо расчетов, исходя из условий их работы (диапазон изменения контролируемого параметра, агрессивность контролируемой и окружающей сред, уровень вибраций и ударных нагрузок и т. п.), условий применения конкретных модификаций датчиков, экономических соображений [36 с. 297–301].

Выбор типоразмера исполнительного механизма весьма специфичен: в подавляющем числе случаев регулирующий орган и исполнительный механизм представляют собой одно конструктивное целое, основным элементом которого является РО [23]. Поэтому выбор начинается с выбора типоразмера регулирующего органа. Когда такой выбор будет произведен, в технических данных выбранного РО мы обнаружим и основные параметры исполнительного механизма. Что же касается выбора типоразмера регулирующего органа, то осуществить это можно, лишь зная параметры того двигателя или иного преобразова-

теля энергии, к которому она подводится от источника через РО. При разработке САУ (АСУ) существующей рабочей машиной упомянутые выше параметры могут быть взяты из технического паспорта машины. Если же разрабатывается САУ (АСУ) вновь создаваемой рабочей машиной, то названные параметры могут быть определены лишь после выполнения специальных расчетов. Так, если в качестве привода конкретного механизма вновь создаваемой рабочей машины решено применить электрический привод, то целью упомянутого расчета будет определение мощности электродвигателя. Ниже приведены расчетные формулы для определения мощности электродвигателей приводов отдельных механизмов.

Мощность электродвигателей приводов грузоведущих конвейеров, применяемых на поточных линиях по ремонту вагонов, цистерн, тележек, может быть определена по формуле, кВт

$$P = \kappa \frac{W \cdot g}{100\eta}, \quad (2.1)$$

где  $W$  – суммарное сопротивление движению, Н;

$g$  – скорость перемещения конвейера, м/с ( $v = 0,1 \dots 0,15$  м/с);

$\eta$  – КПД передачи ( $\eta = 0,7 \dots 0,9$ );

$\kappa$  – коэффициент запаса.

Если движение (вагонов, цистерн, тележек) осуществляется путем качения, суммарное сопротивление движению определяют по формуле, Н

$$W = \omega_0 \cdot n \cdot T_0, \quad (2.2)$$

где  $\omega_0$  – тяговое усилие, приходящееся на каждую тонну массы перемещаемых объектов, Н/т ( $\omega_0 = 250 \dots 300$  Н/т);

$n$  – количество одновременно перемещаемых объектов;

$T_0$  – масса перемещаемого объекта, т.

Мощность электродвигателей пластинчатых и цепных конвейеров вычисляется по той же формуле; в отличие от грузоведущих конвейеров, суммарное сопротивление движению необходимо определять по формуле

$$W = (n_1 G + G_k) \cdot \omega + W_k, \quad (2.3)$$

где  $n_1$  – число одновременно перемещаемых деталей;

$G$  – сила тяжести одной детали, Н;

$G_k$  – сила тяжести тягового органа или настила пластинчатого конвейера, Н;

$W_k$  – сила сопротивления движению на участке огибания (барабаны, звездочки), Н;

$\omega$  – коэффициент сопротивления движению (рекомендуемые значения:

$\omega = 0,3 \dots 0,4$  – при скольжении цепного тягового органа по направляющим;

$\omega = 0,12 \dots 0,16$  – при перемещении цепного тягового органа по опорным роликам с подшипниками скольжения;

$\omega = 0,05 \dots 0,008$  – при перемещении цепного тягового органа по опорным роликам с подшипниками качения).

Вычисление  $G_k$  и  $W_k$ , входящих в формулу (2.3), следует производить по соотношениям:

$$G_k = (1300 \dots 2100)B \cdot L;$$

$$W_k = 0,03(6000B + 40L),$$

где  $B$  – ширина настила, м;

$L$  – длина конвейера, м.

Мощность электродвигателей насосов (для установок по обмывке узлов и деталей вагонов) определяется по формуле, кВт

$$P = k \frac{p_n \cdot \Theta_n}{1000\eta}, \quad (2.4)$$

где  $p_n$  – давление, развиваемое насосом, Па;

$\Theta_n$  – расход жидкости (подача насоса), м<sup>3</sup>/с;

$\eta$  – КПД передачи ( $\eta=0,98$ );

$k$  – коэффициент запаса.

Величину давления находят из соотношения, Па

$$P_n = \frac{P_0}{\eta_1}, \quad (2.5)$$

где  $p_0$  – давление перед соплом гидравлической системы моечной машины, Па;

$\eta_1$  – коэффициент, учитывающий потери давления из-за местных сопротивлений ( $\eta_1=0,8 \dots 0,9$ ).

При обычных технологиях процесса обмывки принимают:

$p_0 = (0,4 \dots 0,5)10^6$  Па – для моющих растворов;

$p_0 = (0,2 \dots 0,3)10^6$  Па – для воды (при ополаскивании).

Аналогичным образом определяют и мощность электродвигателей компрессоров, вентиляторов, кВт

$$P = k \frac{p \cdot \nu}{1000\eta}, \quad (2.6)$$

где  $p$  – давление на выходе компрессора, напор на выходе вентилятора, Па;

$\nu$  – производительность компрессора, вентилятора, м<sup>3</sup>/с;

$\eta$  – КПД компрессора (вентилятора);

$k$  – коэффициент запаса.

Мощность электродвигателей поворотных механизмов (поворотные круги, вилкообразные кантователи и т. п.) может быть найдена по формуле, кВт

$$P = k \frac{M \cdot \omega}{1000 i \cdot \eta}, \quad (2.7)$$

где  $M$  – момент, необходимый для поворота механизма, Н·м;

$i$  – передаточное число редуктора;

$\eta$  – КПД передачи ( $\eta = 0,7 \dots 0,9$ );

$\omega$  – частота вращения вала двигателя, 1/с;

$k$  – коэффициент запаса.

Численные значения коэффициента запаса при вычислениях по формулам (2.1), (2.4), (2.6), (2.7) могут быть приняты равными следующим величинам:

$k = 1,5$  – при  $P_{\text{мех}} \leq 2 \text{ кВт}$ ;

$k = 1,25$  – при  $2,5 \text{ кВт} < P_{\text{мех}} < 5 \text{ кВт}$ ;

$k = 1,05 \dots 1,1$  – при  $P_{\text{мех}} \geq 5 \text{ кВт}$ ,

где  $P_{\text{мех}}$  – мощность механизма, приводимого в действие электродвигателем, кВт.

(Для примера: в формуле (2.1)  $P_{\text{мех}} = \frac{W \cdot V}{1000}$ , в формуле (2.7)

$$P_{\text{мех}} = \frac{M \cdot \omega}{1000 \cdot i}).$$

Если режим работы электродвигателя в реальных условиях функционирования рабочей машины, на которой он установлен, будет длительным, то на основе вычисленной по одной из приведенных выше формул мощности производится выбор типа двигателя по справочной литературе [24, 30 и др.].

Если же режим работы двигателя окажется повторно-кратковременным или кратковременным, то вычисленное значение мощности принимается в качестве предварительного, которое подлежит уточнению с использованием методики, изложенной в специальных курсах по электроприводу [42]. В подобных случаях выбор типа двигателя по справочной литературе производится на основе уточненного значения его мощности.

После выбора типа двигателя, т. е. после того как стали известны его каталожные данные ( $P_3$ ,  $\cos \varphi$ , КПД,  $U_{\text{ном}}$ ), может быть определен номинальный ток. Например, в случае применения трехфазного асинхронного двигателя номинальный ток следует определять по формуле

$$I = \frac{P_3 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot \eta \cdot \cos \varphi}, \quad (2.8)$$

где  $P_3$  – мощность на валу двигателя, кВт;

$U_{\text{л}}$  – линейное напряжение питающей электрической сети, В (обычно  $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$ );

$\eta$  – КПД двигателя;

$\cos \varphi$  – коэффициент мощности двигателя.

По найденному току двигателя и напряжению питающей сети производится выбор типоразмера регулирующего органа (в данном случае – магнитного пускателя) с использованием справочников [24, 44, 45].

Аналогично решается вопрос о выборе типа регулирующего органа, если объектом управления является электрическая нагревательная установка. Отличие будет заключаться лишь в том, что вместо расчета мощности электродвигателя необходимо будет выполнить расчет мощности электрического нагревателя. По своей сути это будет теплотехнический расчет, методика которого приведена в соответствующей справочной литературе [39].

Если в качестве двигателя рабочего органа автоматизируемой машины (установки) применен пневматический двигатель, то необходимо определиться с типом двигателя (одностороннего или двухстороннего действия), а затем выполнить расчет основных его параметров. Методика такого расчета изложена в учебной и справочной литературе [3, 4, 35].

### *2.2.3. Разработка принципиальной электрической схемы САУ (АСУ)*

После того как проведен выбор всех элементов САУ, становится возможной разработка ее принципиальной схемы. В зависимости от конкретных условий (характер производственного процесса, вид приводов рабочих органов механизмов, принцип действия элементов САУ и т. д.) принципиальная схема САУ по виду может быть электрической, пневматической, гидравлической или комбинированной. Независимо от вида принципиальной схемы при ее разработке должны соблюдаться общие требования к выполнению схем [7].

Если принципиальная схема САУ по виду будет электрической, то при ее разработке следует руководствоваться правилами выполнения электрических схем [8]; если же она будет пневматической или гидравлической, то – правилами выполнения пневматических и гидравлических схем [9].

В подавляющем большинстве случаев принципиальная схема САУ по виду будет электрической, поэтому ниже приводятся некоторые рекомендации по разработке именно такого вида схем.

Принципиальная электрическая схема конкретной САУ должна содержать силовые цепи и цепи управления. Для большей наглядности принципиальной электрической схемы САУ следует при ее разработке использовать разнесенный способ изображения элементов. Составные части отдельных элементов САУ располагают в разных местах схемы. Например, силовые контакты контактора, магнитного пускателя располагают в силовых цепях, а их катушки и вспомогательные (блокировочные) контакты – в цепях управления. Буквенно-цифровые обозначения названных элементов конструкции одного аппарата должны быть одинаковыми.

Силовая часть принципиальной электрической схемы должна включать в себя все электродвигатели приводов рабочих органов машины (установки) и вспомогательных устройств (вентиляторов, гидронасосов и т. д.), нагревательные устройства, преобразовательные устройства и т. п. Каждый из названных

элементов должен быть изображен на схеме индивидуально, со своим набором коммутирующей и защитной аппаратуры. Относительно друг друга данные элементы на чертеже силовых цепей могут располагаться как по вертикали, так и по горизонтали (параллельно).

Если в автоматизируемом технологическом процессе используются механизмы с электрическим приводом, то цепи управления электродвигателями должны выполняться так, чтобы каждый электродвигатель имел ручное дистанционное управление [25]. Это означает, что в цепях управления должен быть предусмотрен двухпозиционный режимный переключатель «Ручн.-Авт.». Питание цепей управления в большинстве случаев производится от одной из фаз и нулевого провода. Режимный переключатель «Ручн.-Авт.» в зависимости от приданного ему положения (от руки) подает напряжение фазы на шину ручного или шину автоматического управления. На чертеже такие шины располагаются параллельно друг другу по вертикали или по горизонтали. Между шинами и нулевым проводом изображаются цепи управления всеми устройствами, задействованными в технологическом процессе, а также цепи защиты и сигнализации. Цепь управления одним отдельным устройством будет представлять собой параллельную ветвь среди цепей управления другими устройствами. Порядок следования параллельных ветвей в цепях управления должен соответствовать порядку срабатывания механизмов в ходе технологического процесса [25, 37].

Что касается разработки каждой параллельной ветви, то здесь необходимо в полной мере опираться на функциональную схему САУ и требования к устройствам автоматического управления [25].

Следует при этом иметь в виду, что функциональная и принципиальная электрическая схемы САУ (АСУ) – это схемы одной и той же системы и между ними есть неразрывная связь и практически полное соответствие. Каждому исполнительному механизму, изображенному на функциональной схеме САУ (АСУ), соответствует катушка электромагнита конкретного аппарата (контактора, магнитного пускателя, пневмо-или гидрораспределителя) на принципиальной электрической схеме.

Изобразив катушку на принципиальной электрической схеме САУ (АСУ), необходимо соединить ее с источником питания (питающими проводами) через контакты тех элементов автоматики, которые имеют связь с соответствующим исполнительным механизмом на функциональной схеме САУ. Контакты элементов автоматики, обеспечивающие соблюдение условий включения привода (устройства), должны быть, как правило, замыкающими, а контакты элементов автоматики, обеспечивающие выключение этого привода (устройства), должны быть размыкающими. Чтобы подчеркнуть наличие неразрывной связи между функциональной и принципиальной электрическими схемами САУ (АСУ), можно, учитывая учебный характер курсового проекта, допустить некоторое отступление от требований ГОСТа 2.710-81, присвоив элементам автоматики на принципиальной электрической схеме те же буквенно-цифровые обозначения, которые были у них на функциональной схеме. Далее составленную таким об-

разом цепочку следует при необходимости дополнить контактами защитных устройств (например, реле перегрузки или реле тепловой защиты) и контактами взаимной блокировки с другими приводами (устройствами).

Подобным образом надлежит разрабатывать цепи автоматического управления каждым исполнительным механизмом, имеющимся на функциональной схеме, и всеми устройствами сигнализации.

Что касается цепей ручного дистанционного управления приводами (устройствами), то они выполняются согласно общепринятым нормам и правилам [27, 37, 42].

В отдельных случаях на принципиальной электрической схеме САУ могут быть изображены элементы автоматики, которых нет на функциональной схеме. Это так называемые повторители (электромагнитные реле). Необходимость в их применении возникает или в случае недостачи количества контактов у конкретного элемента автоматики (например, у датчика положения), или в случае их полного отсутствия (например, у распределителей).

Лист графической части проекта, на котором будет изображена принципиальная электрическая схема, должен выполняться при строгом соблюдении требований ГОСТов ЕСКД на условные графические обозначения в схемах [11–18].

В пояснительной записке к курсовому проекту должно быть приведено краткое, но четкое описание принципиальной электрической схемы САУ (АСУ).

Составной частью такого описания должна быть диаграмма замыкания контактов программно-временного устройства, если такое устройство входит в состав разрабатываемой САУ (АСУ).

Представление о том, как может выглядеть принципиальная электрическая схема САУ (АСУ) и как реализуются приведенные выше рекомендации по ее разработке, можно составить, внимательно рассмотрев схему, приведенную на рис. 2.4.

Данная схема разработана в полном соответствии с фрагментом функциональной схемы САУ мочечной машины для тележек грузовых вагонов, приведенных на рис. 2.3.

Буквенно-цифровые обозначения большинства элементов САУ на рис. 2.4 выполнены в соответствии с требованиями ГОСТ 2.710-81 и расшифровываются следующим образом:

$KM_i$  – магнитные пускатели;

$QF_i$  – автоматы максимального тока;

$KK_i$  – реле тепловой защиты электродвигателей;

$FU1, FU2$  – плавкие предохранители цепей управления;

$SA1$  – режимный переключатель цепей управления;

$SA2...SA7$  – кнопки ручного пуска электродвигателей;

$SB1...SB4$  – кнопки ручного отключения электродвигателей;

$P2$  – повторитель датчика GE2;

$P4$  – повторитель датчика GE4;



*P5* – повторитель датчика *GE5*;  
*TP* – трансформатор понижающий;  
*KT* – командоаппарат КЭП-12У;  
*ЭМ* – электромагнит командоаппарата;  
*M5* – электродвигатель командоаппарата;  
*T* – тумблер ручного дистанционного запуска командоаппарата.

Обозначения всех остальных элементов на принципиальной электрической схеме совпадают с их обозначениями на функциональной схеме (см. рис. 2.3).

Как видно из рис. 2.4, фрагмент электрической принципиальной схемы САУ включает в себя силовые цепи электродвигателей некоторых рабочих органов моечной машины (дверей моечной камеры и насосов), представленных на фрагменте функциональной схемы, а также цепи ручного дистанционного и автоматического управления электродвигателями.

Силовые цепи электрической принципиальной схемы САУ являются типовыми [23, 27], следовательно, их не надо разрабатывать, а лишь грамотно воспроизвести, соблюдая позиционные обозначения элементов, присвоенные им ранее (см. п. 2.2.1).

На рис. 2.4 электродвигатели *M1* и *M2* не оснащены тепловой защитой. Сделано это потому, что их мощность едва ли будет превышать 1-2 кВт, а двигатели такой мощности, как правило, тепловой защитой не оснащаются. В силовых цепях электродвигателей *M3* и *M4* не изображены автоматы максимального тока, но не потому, что их там не должно быть, а лишь в целях экономии места по высоте страницы.

Цепи управления на рис. 2.4 выполнены таким образом, что работой электродвигателей *M1–M4* можно управлять как вручную, так и автоматически. Выбор режима управления производится посредством установки переключателя *SA1* в соответствующее положение (Авт. или Ручн.).

Цепи ручного дистанционного управления двигателями *M1–M4* выполнены в соответствии с типовыми решениями [23, 37].

Прежде чем перейти к описанию цепей автоматического управления, приведем краткие данные о некоторых элементах автоматики, примененных в рассматриваемой САУ, поскольку вопрос выбора этих элементов для данного конкретного примера нами рассмотрен не был.

Как следует из условий включения-выключения электродвигателей *M1–M4* (см. п. 2.2), существенную роль при этом играют программно-временное устройство *КС* и датчики положения *GE1–GE5*. В качестве *КС* в рассматриваемом примере САУ использован командоаппарат типа *КЭП-12У* с числом управляемых цепей, равным 12, а в качестве датчиков положения – датчик типа *BK–512К* с числом контактов, равным 3. Из приведенных данных и функциональной схемы (см. рис. 2.3) следует, что у датчиков *GE2*, *GE4*, *GE5* имеющегося количества контактов буде недостаточно, поэтому в цепях автоматического управления на рис. 2.4 изображены повторители названных датчиков *P2*, *P4*, *P5* соответственно.

Все остальные цепи автоматического управления выполнены на основе условий включения-выключения двигателей  $M1-M4$ , практически в полном соответствии с функциональной схемой (см. рис. 2.3).

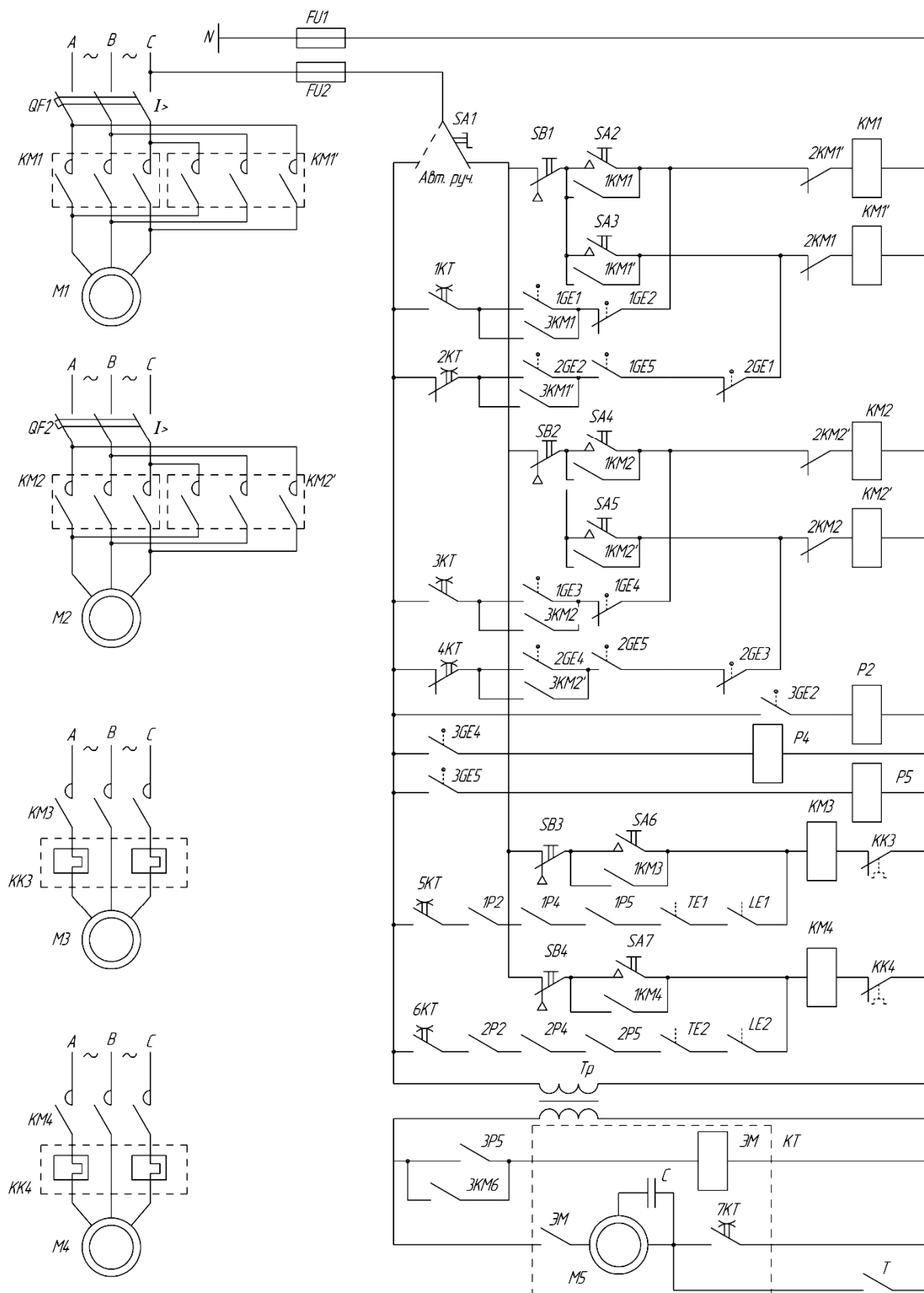


Рис. 2.4. Фрагмент электрической принципиальной схемы системы управления моечной машиной

Так, из функциональной схемы САУ следует, что автоматическое управление прямым ходом электродвигателя *М1* осуществляется посредством датчиков *GE1* и *GE2* и программно-временного устройства *КС*.

На электрической принципиальной схеме САУ прямой ход двигателя обеспечивается за счет замыкания-размыкания цепи питания катушки *КМ1* реверсивного магнитного пускателя, что достигается благодаря наличию в упомянутой цепи контактов названных выше элементов САУ (*GE1*, *GE2*, *1КТ*).

В автоматическом управлении обратным ходом электродвигателя *М1* задействованы (см. рис. 2.3) датчики *GE1*, *GE2*, *GE5* и *КС*.

На электрической принципиальной схеме САУ обратный ход этого двигателя обеспечивается за счет замыкания-размыкания цепи питания катушки *КМ1'* реверсивного магнитного пускателя, что достигается благодаря наличию в упомянутой цепи контактов названных выше элементов САУ (*2GE1*, *2GE2*, *1GE5*, *2КТ*).

В цепях автоматического управления прямым и обратным ходами электродвигателя *М1* задействованы и собственные блокировочные контакты реверсивного магнитного пускателя *КМ1*, *КМ1'* (контакты *3КМ1*, *2КМ1'* – в цепи питания катушки *КМ1*, контакты *3КМ1'*, *2КМ1* – в цепи питания катушки *КМ1'*), чего не видно на функциональной схеме.

Контакты *2КМ1'*, *2КМ1* необходимы для того, чтобы исключить возможность одновременного замыкания контактных групп *КМ1* и *КМ1'* в силовых цепях двигателя *М1*, так как при этом произошло бы короткое замыкание фаз А и С.

Контакты *3КМ1* и *3КМ1'* необходимы для того, чтобы не прерывался соответствующий ход двигателя *М1* (*3КМ1* – прямой ход, *3КМ1'* – обратный ход), так как в начале прямого хода происходит размыкание контакта *1GE1*, а в начале обратного хода – размыкание контакта *2GE2*.

На функциональной схеме все эти связи не показаны потому, что на ней изображаются связи между разными элементами САУ, а названные связи являются внутренними связями реверсивного магнитного пускателя.

Цепи автоматического управления электродвигателем *М2* отличаются от цепей управления электродвигателем *М1* лишь буквенно-цифровыми обозначениями контактов. Во всем остальном они полностью идентичны.

Цепи автоматического управления электродвигателями *М3* и *М4* полностью соответствуют функциональной схеме.

Прочтению электрической принципиальной схемы САУ моечной машины большое содействие оказывает диаграмма замыкания контактов командоаппарата *КЭП-12У*, приведенная на рис. 2.5. Данная диаграмма в лаконичной и ясной форме показывает взаимодействие приводов рабочих органов моечной машины, представленных на фрагменте функциональной схемы САУ (см. рис. 2.3), в пределах одного цикла (такта) работы машины, который принят равным 15 минутам.

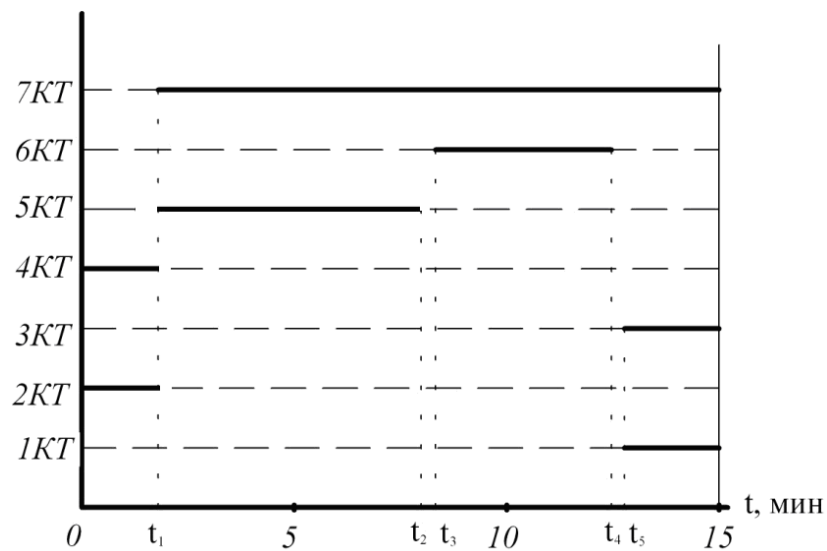


Рис. 2.5. Диаграмма замыкания контактов  
командоаппарата КЭП-12У:

$0t_1$  – время закрытия дверей (с запасом);

$t_1t_2$  – время обмывки тележки раствором;

$t_3t_4$  – время ополаскивания тележки водой;

$t_2t_3$  – пауза, необходимая для предупреждения смешивания  
отработанных жидкостей;

$t_4t_5$  – пауза, гарантирующая начало открытия дверей лишь  
при полном прекращении работы насоса № 2;

$t_515$  – время открытия дверей и перестановки тележек

## Приложение А

Форма задания на разработку первого раздела комплексного курсового проекта

### Задание

На разработку первого раздела комплексного курсового проекта

Вариант № \_\_\_\_\_

Тема: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Студенту \_\_\_\_\_ (фамилия) Группа (номер шифра) \_\_\_\_\_

#### Содержание пояснительной записки (перечень частей)

1. Конструктивно-технологическая характеристика узла, условия на ремонт. Анализ технологичности узла и разработка мероприятий по обеспечению технологичности узла.
2. Анализ причин и характеристика неисправности узла, назначение периодичности ТО, Р.
3. Разработка технологического процесса ремонта узла:
  - расчет режимов обработки (сборки, механической обработки);
  - выбор оборудования;
  - расчет расхода материалов;
  - нормирование и тарификация технологического процесса.
4. Расчет и проектирование приспособления:
  - назначение приспособления,
  - описание конструкции и принцип работы;
  - расчет приспособления.
5. Требование охраны труда при ремонте детали.

Графическая часть:

1. Чертеж общего вида проектируемого приспособления – 1 лист.
2. Узел и детализовка приспособления – 1 лист.

Руководитель проектирования \_\_\_\_\_

Дата выдачи задания \_\_\_\_\_

Срок окончания работы \_\_\_\_\_

# Приложение Б

Примеры заполнения маршрутных карт.

		XXXXXXX.01102.00003		1	1
Разработал	Иванов П.П.	УргУПС	Пружина	XXXXXXX.20102.00008	
Проверил	Сидоров С.С.				
Утвердил					
Нормир					
Н.контр.					

249<sup>2</sup><sub>17</sub>

**Дефекты:**

1 - излом, отколы и трещины витков

2 - протертости или коррозионные повреждения более 10% площади сечения прутка

3 - смещение опорных поверхностей

4 - уменьшение высоты.

КЭ

Разработ		Иванов П.П.								УргУПС		XXXXXXX.01102.00003		1	1			
Проверил		Сидоров С.С.												XXXXXXX.10102.00008				
Утвердил																		
Нормировал																		
Н.контр																		
А		Цех	Уч.	Р.М.	Опер.	Код, наименование операции		Обозначение документа		Пружина								
Б		Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тшт			
К.М		Наименование детали, сборки, материала										ОПП	ЕВ	ЕН	КИ			
Д/Т 01		Код	Наименование дефекта				РЧ		ДР		СТО							
02												ТИ 32128121.25102.00003, РД 32 ЦВ 052-2005,						
А 03		005 Дефектация																
Б 04		Позиция разборки						7511		7		1						
Д/Т 05		Изломы, отколы и трещины витков, деф. ①								Не допускается		Визуально		Замена				
06																		
07		Протёртости или коррозионное повреждение																
08		более 10% площади сечение прутка, деф. ②								Не допускается		Визуально		Замена				
09																		
10		Смещение опорных поверхностей витков, деф. ③								Не допускается		Визуально		Замена				
11																		
12		Уменьшение высоты пружины, мм, деф. ④				249 <sup>±7</sup>		Не менее 247				Штангенцикуль		Без ремонта				
13								Менее 247				ШЦ-Ш-400-0,1		Замена				
14												ГОСТ 166-89						
15																		
16																		
МК		Карта технологического процесса дефектации																



## Приложение В

### *Документация общая:*

ТЛ – титульный лист;  
КЭ – карта эскизов;  
ТИ – технологическая инструкция.

### *Документация специальная:*

КД – комплект документации;  
МК – маршрутная карта;  
КТПР – карта технологического процесса ремонта;  
КТПД – карта технологического процесса дефектации;  
КТТПО – карта типового технологического процесса очистки;  
ВТД – ведомость технологической документации;  
ВО – ведомость оснастки;  
ВОБ – ведомость оборудования;  
ОКН – оперативная карта наплавки;  
ТВ – технологическая ведомость.

### Обозначения в картах:

НПП – номер по порядку;  
ДСЕ – деталь (сборочная единица);  
КП – код детали (сборочной единицы) по нормативно-технической документации;  
ТД – технологический документ;  
С – обозначения деталей;  
Ф – обозначения комплекта технологической документации и общего количества листов;  
Г – обозначения технологических документов;  
СМ – степень механизации;  
проф. – код профессии;  
Р – разряд работы;  
УТ – код условий труда;  
КР – количество исполнителей;  
КОИД – количество одновременно обрабатываемых деталей;  
ОП – объем производственной партии (количество объектов производства в транспортной партии);  
ОПП – обозначение склада;  
Н<sub>расх.</sub> – норма расхода материала;  
РМ – рабочее место;  
Опер. – операция;  
ЕВ – единица измерения;  
ЕН – единица нормирования;  
КИ – количество деталей при сборке;

$K_{шт}$  – коэффициент штучного времени при станочном обслуживании (при обработке детали  $K_{шт} = 1$ , при обработке  $n$  деталей одновременно  $K_{шт} = 1/n$ );

$T_{шт}$  – норма штучного времени на операцию;

$T_{пз}$  – норма подготовительно-заготовительного времени.

Примечания:  $K_{шт}$ ,  $T_{шт}$ ,  $T_{пз}$  приводят в строке со служебным символом Б;

*Характер документации:*

01 – комплект ТД;

10 – МК;

20 – КЭ;

25 – ТИ;

50 – карта ТП.

*Вид технологического процесса по организации:*

0 – без указаний;

1 – единичный процесс (операция);

2 – типовой процесс (операция).

Вид технологического процесса по методу выполнения:

00 – без указаний;

01 – общего назначения;

02 – ремонт (восстановление);

03 – технический контроль (дефектация);

40 – механическая обработка;

73 – окраска;

88 – слесарно-сборочные работы;

90 – сварка.

*Обозначения параметров режимов дефектации при применении МК в качестве КТПД в строке со служебным символом «Д/Т»*

Д/Т	Код, наименование дефекта	Р4	ДР	СТО
-----	---------------------------	----	----	-----

*Условные обозначения:*

Р4 – номинальное значение контролируемого параметра по конструкторскому документу;

ДР – допустимые значения контролируемого параметра (оставляемые без ремонта и не допускаемые для восстановления);

СТО – код средств контроля.

*Обозначения параметров режимов очистки при применении МК в качестве КТППО в строке со служебным символом «Р»*

Р	Т-ра	Давл.	Вр.	Конц.	
---	------	-------	-----	-------	--

*Условные обозначения:*

Т-ра – температура воды (раствора), воздуха для сушки детали;

Давл. – давление воды (раствора);

Вр. – время очистки;

Конц. – концентрация раствора (содержание и растворителей и поверхностно-активных веществ процентах по массе).

*Обозначения параметров режима наплавки при применении МК в качестве ОКН в строке со служебным символом «Р»*

Р	Пл	J	U	V <sub>н</sub>	S <sub>м</sub>	ЧП	КМ	q <sub>м</sub>	Д	Н <sub>э</sub>	l <sub>э</sub>	К	q <sub>ф</sub>	
---	----	---	---	----------------	----------------	----	----	----------------	---	----------------	----------------	---	----------------	--

Условные обозначения:

Пл – полярность: П – прямая; О – обратная;

J – сила сварочного тока;

U – напряжение дуги;

V<sub>н</sub> – скорость наплавки;

S<sub>м</sub> – подача присадочного материала;

ЧП – число переходов;

КМ – код, наименование присадочного материала и электрода;

q<sub>м</sub> – расход присадочного материала;

Д – диаметр электрода;

Н – вылет электрода;

l<sub>э</sub> – смещение электрода;

К – код, наименование флюса, газа;

q<sub>ф</sub> – расход флюса, газа.

*Обозначения параметров режима резания при применении МК в качестве ОКОР в строке со служебным символом «Р»*

P	V	S	t	i	
---	---	---	---	---	--

Условные обозначения:

V – скорость резания;

S – подача;

t – глубина резания;

i – число проходов резца.

В курсовом проекте следует использовать коды организации разработчика:

27 – механический факультет;

23 – кафедра «Вагоны».


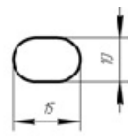


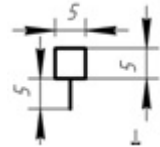
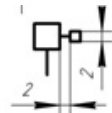


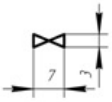
## Приложение Г

Условные обозначения среды, транспортируемой трубопроводами  
для жидкостей и газов по ГОСТ 3464-63

Наименование среды, транспортируемой трубопроводом	Обозначение	Наименование среды, транспортируемой трубопроводом	Обозначение
Вода	-1-1-	Жидкое горючее	-15-15-
Пар	-2-2-	Водород	-16-16-
Воздух	-3-3-	Ацетилен	-17-17-
Азот	-4-4-	Фреон	-18-18-
Кислород	-5-5-	Метан	-19-19-
Аргон	-6-6-	Этан	-20-20-
Неон	-7-7-	Этилен	-21-21-
Гелий	-8-8-	Пропан	-22-22-
Криптон	-9-9-	Пропилен	-23-23-
Ксенон	-10-10-	Бутан	-24-24-
Аммиак	-11-11-	Бутилен	-25-25-
Кислота	-12-12-	Противопожарный	-26-26-
Щелочь	-13-13-	трубопровод	
Масло	-14-14-	Вакуум	-27-27-

## Приложение Д

### Графические условные обозначения приборов и средств автоматизации по ОСТ 36.27-77

№ п/п	Наименование	Обозначение
1	Первичный измерительный преобразователь (датчик); прибор, устанавливаемый по месту: на технологическом трубопроводе, аппарате, стене, полу, колонне, металлоконструкции: а) базовое обозначение  б) допускаемое обозначение	 
2	Прибор, устанавливаемый на щите, пульте: а) базовое обозначение  б) допускаемое обозначение	 
3	Исполнительный механизм. Общее обозначение	
4	Исполнительный механизм с дополнительным ручным приводом	
5	Исполнительный механизм, открывающий регулирующий орган при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала	
6	То же, закрывающий регулирующий орган при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала	
7	Регулирующий орган	

## Приложение Е

### Основные буквенные обозначения измеряемых, регулируемых величин по ГОСТ 36.27-77

Обозначение	Основное значение первой буквы в условном буквенном обозначении	Обозначение	Основное значение первой буквы в условном буквенном обозначении
<i>D</i>	Плотность	<i>P</i>	Давление, вакуум
<i>E</i>	Любая электрическая величина	$\Theta$	Величина, характеризующая качество: состав, концентрацию и т.п.
<i>F</i>	Расход	<i>R</i>	Радиоактивность
<i>G</i>	Размер, положение, перемещение	<i>S</i>	Скорость, частота
<i>H</i>	Ручное воздействие	<i>T</i>	Температура
<i>K</i>	Время, временная программа	<i>U</i>	Несколько разнородных величин
<i>L</i>	Уровень	<i>V</i>	Вязкость
<i>M</i>	Влажность	<i>W</i>	Масса

## Библиографический список к разделу 1

1. Технология вагоностроения и ремонта вагонов: учеб. / В. С. Герасимов и др.; под ред. В. С. Герасимова – 2-е изд. перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1988. – 381 с.
2. Технология производства и ремонта вагонов: учеб. для вузов ж.-д. трансп. / К. В. Мотовилов, С. В. Лукашук, В. Ф. Криворудченко, А. А. Петров; под ред. К. В. Мотовилова. – М. : Маршрут, 2003. – 382 с.
3. Автосцепное устройство железнодорожного подвижного состава / В. В. Коломийченко и др. – М. : Транспорт, 1991. – 232 с.
4. Грузовые вагоны железных дорог колеи 1520 мм. Руководство по капитальному ремонту. ЦВ-627. – М. : ПКБ ЦВ, 2007. – 150 с.
5. Грузовые вагоны железных дорог колеи 1520 мм. Руководство по деповскому ремонту РД32. ЦВ-587. – М. : ПКБ ЦВ, 2007. – 193 с.
6. Руководящий документ. Ремонт тележек грузовых вагонов РД 32 ЦВ 052-2009. – М. : ПКБ ЦВ, 2009. – 79 с.
7. Инструкция по сварке и наплавке при ремонте грузовых вагонов. – М. ; Транспорт, 2008. – 188 с.
8. Инструкция по сварке и наплавке при ремонте грузовых вагонов. - Транспорт, 2010. – 254 с.
9. Инструкция по осмотру, освидетельствованию, ремонту и формированию вагонных колесных пар. ЦВ/3429. – М. : Транспорт, 1977. – 88 с.
10. Инструкция по ремонту и обслуживанию автосцепного устройства подвижного состава железных дорог. – М. : Транспорт, 2010. – 144 с.
11. Инструктивные указания по эксплуатации и ремонту вагонных букс с роликовыми подшипниками. 3-ЦВРК. – М. : Транспорт, 2001. – 158 с.
12. Каталог проектов технологической оснастки, рекомендуемых для использования предприятиями вагонного хозяйства, проектными институтами МПС, Минстроя. № 568-89 ПКБ ЦВ. – М. : ПКБ МПС, 1990. – 106 с.
13. ГОСТ 3.1102-81. ЕСТД. Стадии разработки и виды документов. – М. : Стандарты, 1981. – 7 с.
14. ГОСТ 3.1103-82. ЕСТД. Основные надписи. – М. : Стандарты, 1982. – 10 с.
15. ГОСТ 3.1105-84. ЕСТД. Формы и правила формирования документов общего назначения. – М. : Стандарты, 1984. – 19 с.
16. ГОСТ 3.1118-82. ЕСТД. Правила оформления маршрутных карт. – М.: Стандарты, 1982. – 22 с.
17. ГОСТ 3.1109-82. ЕСТД. Термины и определения основных понятий. – М. : Стандарты, 1982. – с 12.
18. ГОСТ 3.1122-84. ЕСТД. Ведомость технологических документов.
19. ГОСТ 3.1127-93. ЕСТД. Общие правила выполнения текстов технологических документов. – М. : Стандарты, 1993. – 23 с.

## Библиографический список к разделу 2

1. Автоматические приборы, регуляторы и вычислительные системы. Справочное пособие. – Изд. 3-е. / Под ред. Б. Д. Кошарского. – Л. : Машиностроение, 1978.
2. Алтухов В. Я. и др. Механизация и автоматизация технического обслуживания и ремонта подвижного состава. – М. : Транспорт, 1989. – 199 с.
3. Болотин М. М., Новикав В. Е. Системы автоматизации производства и ремонта вагонов: учеб. для вузов ж.-д. трансп. 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Маршрут, 2004. – 310 с.
4. Герц Е. В. и др. Расчет пневмоприводов. Справочное пособие. – М. : Машиностроение, 1975. – 272 с.
5. Гитлевич А. Д. Механизация и автоматизация сварочного производства. – М. : Машиностроение, 1972. – 280 с.
6. Гладков Э. А. Управление процессами и оборудованием при сварке. – М.: Академия, 2006. – 426 с.
7. ГОСТ 2.701-84. МГС. ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
8. ГОСТ 2.702-85. МГС. ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.
9. ГОСТ 2.704-76. МГС. ЕСКД. Правила выполнения гидравлических и пневматических схем.
10. ГОСТ 2.722-68. МГС. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Машины электрические.
11. ГОСТ 2.725-68. МГС. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутирующие.
12. ГОСТ 2.755-87. МГС. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения.
13. ГОСТ 2.756-76. МГС. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Воспринимающая часть электромеханических устройств.
14. ГОСТ 2.728-74. МГС. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы. Конденсаторы.
15. ГОСТ 2.730-73. МГС. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы полупроводниковые.
16. ГОСТ 2.747-68. МГС. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Размеры условных графических обозначений.
17. ГОСТ 2.781-68. МГС. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Аппаратура распределительная и регулирующая гидравлическая и пневматическая.
18. ГОСТ 2.782-68. МГС. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Насосы и двигатели гидравлические и пневматические.
19. ГОСТ 2.710-81. МГС. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.
20. Емельянов А. И., Капник О. В. Проектирование автоматизированных систем управления технологическими процессами. – Изд. 2-е. – М. : Энергоатомиздат, 1974. – 499 с.
21. Игловский И. Г., Владимиров Г. В. Справочник по слаботочным электрическим реле. – Изд. 2-е. – Л. : Энергия, 1984.
22. Игловский И. Г. и др. Справочник по электромагнитным реле. – Л. : Энергия, 1975.
23. Кабанов В. Н. Системы автоматического управления. – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2011. – 91 с.
24. Карвовский Г. А. Справочник по асинхронным двигателям и пускорегулирующей аппаратуре. – Изд. 2-е. – М. : Энергия, 1969.
25. Ключев А. С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. – М. : Энергия, 1990. – 464 с.
26. Ключев А. С. и др. Техника чтения схем автоматического управления и технологического контроля. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 376 с.



27. Ключев В. И., Терехов В. М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов. – М. : Энергия, 1980. – 356 с.
28. Козырев Ю. Г. Промышленные роботы. Справочник. – М. : Машиностроение, 1983.
29. Королев А. И. Автоматизация и механизация производственных процессов в вагонном хозяйстве. – М. : Транспорт, 1966. – 243 с.
30. Кравчик А. Э. Асинхронные двигатели серии 4А. Справочник. – М. : Энергоиздат, 1982.
31. Мотовилов К. В. Технология производства и ремонта вагонов: учеб. для вузов ж.-д. транспорта / Под ред. К. В. Мотовилова. – М. : Маршрут, 2003. – 382 с.
32. Неразрушающий контроль и диагностика. Справочник. – Изд. 3-е. / Под ред. В. В. Клюева. – М. : Машиностроение, 2005. – 656 с.
33. Ножевников А. М. Поточно-конвейерные линии ремонта вагонов. – М. : Транспорт, 1980. – 137 с.
34. Перельман Д. Я. и др. Комплексная механизация и автоматизация ремонта подвижного состава. – М. : Транспорт, 1977. – 310 с.
35. Иванов Г. М. Проектирование гидравлических систем машин. – М. : Машиностроение, 1992. – 234 с.
36. Справочник проектировщика автоматизированных систем управления технологическими процессами. / Под ред. Г.Л. Смилянского. – М.: Машиностроение, 1983. – 527 с.
37. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами. / Под ред. В. И. Круповича и др. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М. : Энергия, 1981.
38. Справочник по средствам автоматики. / Под ред. В. Э. Низе, И. В. Антика. – М. : Энергоатомиздат, 1988.
39. Теплотехнический справочник в 2-х т. – Изд. 2-е. / Под ред. В. Н. Юренева. – М. : Машиностроение, 1976.
40. Терешкин Л. В. и др. Механизация и автоматизация производственных процессов при ремонте пассажирских вагонов. – М. : Транспорт, 1974. – 286 с.
41. Техника проектирования систем автоматизации технологических процессов. / Под ред. Л. И. Шипетина. – М. : Машиностроение, 1976. – 495 с.
42. Чиликин М. Г. Общий курс электропривода: учеб. для вузов. – М. : Энергия, 1971. – 576 с.
43. Чиликин М. Г. Теория автоматизированного электропривода. – М. : Энергия, 1979. – 615 с.
44. Электротехнический справочник в 3-х т. – Изд. 7-е. / Под ред. И. Н. Орлова. – М. : Энергоатомиздат, 1986.
45. Электротехнический справочник в 3-х т. – Изд. 5-е. / под общ. ред. М. Г. Чиликина. – М. : Энергия, 1976.