

К. В. Вавилов

***LabVIEW* и *SWITCH*-технология**

Методика

алгоритмизации и программирования
задач логического управления

Санкт-Петербург

2005

Оглавление

| | |
|--|-----------|
| 1. ПАКЕТ <i>LABVIEW</i> | 3 |
| 2. ЦЕЛЬ ДАННОЙ РАБОТЫ..... | 4 |
| 3. ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ | 4 |
| 4. ТРЕБОВАНИЯ К АСУ В ЧАСТИ ЛОГИКИ УПРАВЛЕНИЯ..... | 6 |
| 5. АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ..... | 7 |
| 5.1. АВТОМАТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕКУЩЕГО РЕЖИМА УПРАВЛЕНИЯ | 8 |
| 5.2. БАЗОВЫЕ АВТОМАТЫ | 9 |
| 5.2.1. Автомат управления нереверсивным приводом | 9 |
| 5.2.2. Автомат управления реверсивным приводом..... | 11 |
| 5.3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АВТОМАТЫ | 13 |
| 5.3.1. Главный технологический автомат управления вакуумированием (<i>ATmain</i>)..... | 13 |
| 5.3.2. Технологический автомат управления вакуумированием с использованием группы 9 (<i>ATmain9</i>) | 15 |
| 5.3.3. Технологический автомат управления вакуумированием с использованием групп <i>a7</i> и <i>5</i> (<i>ATmaina75</i>)..... | 17 |
| 5.3.4. Технологический автомат управления байпасной откачкой полостей АВП агрегатов группы 3 с использованием группы <i>b7</i> и вакуумированием с использованием групп <i>a7</i> и <i>5</i> (<i>ATb7ps</i>) | 19 |
| 5.3.5. Технологический автомат управления вакуумированием с использованием групп <i>5</i> и <i>a7</i> , работой группы <i>b7</i> и запуском группы 3 (<i>ATmainb75</i>)..... | 21 |
| 5.3.6. Технологический автомат управления вакуумированием с использованием групп <i>b7</i> и <i>3</i> и завершением работы групп <i>5</i> и <i>a7</i> (<i>ATmainb73</i>) | 23 |
| 5.3.7. Технологический автомат управления завершением работы системы вакуумирования (<i>ATmainEnd</i>)..... | 25 |
| 5.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АВТОМАТЫ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ ГРУПП ОБОРУДОВАНИЯ | 27 |
| 5.4.1. Автомат резервирования групп <i>91</i> и <i>92</i> (<i>AR9</i>)..... | 27 |
| 5.4.2. Автомат резервирования групп <i>a71</i> , <i>a72</i> и <i>a73</i> (<i>ARa7</i>)..... | 29 |
| 5.4.3. Автомат резервирования групп <i>51</i> , <i>52</i> и <i>53</i> (<i>AR5</i>)..... | 31 |
| 5.4.4. Автомат резервирования групп <i>b73</i> и <i>b72</i> и управления группой <i>a7</i> (<i>ARb7</i>) | 33 |
| 5.4.5. Автомат резервирования групп <i>31</i> , <i>32</i> , <i>33</i> и <i>34</i> (<i>AR3</i>)..... | 35 |
| 5.5.1. Автомат управления приводами группы <i>9x</i> (<i>AT9x</i>) | 37 |
| 5.5.2. Автомат управления приводами группы <i>a7x</i> (<i>ATa7x</i>)..... | 39 |
| 5.5.3. Автомат управления приводами группы <i>5x</i> (<i>AT5x</i>) | 41 |
| 5.5.4. Технологический автомат управления приводами группы <i>b7x</i> (<i>ATb7x</i>) | 43 |
| 5.5.5. Автомат управления приводами группы <i>3x</i> (<i>AT3x</i>) | 45 |
| 5.6. АВТОМАТЫ УПРАВЛЕНИЯ ПИТАНИЕМ ПРИБОРОВ (ПРИВЕДЕНЫ НЕПОВТОРЯЮЩИЕСЯ ПО ВИДУ) | 47 |
| 5.6.1. Автомат управления питанием ПВД <i>35.9...35.14</i> и <i>35.19</i> (<i>ACHx</i>) | 47 |
| 5.6.2. Автомат резервирования приборов верхнего диапазона в камере (<i>ARKVUH</i>) | 49 |
| 6. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ..... | 50 |
| 7. РЕАЛИЗАЦИЯ ЛОГИКИ УПРАВЛЕНИЯ | 53 |
| 7.1. ПОДПРОГРАММА АВТОМАТА <i>AT5x</i> | 54 |
| 7.2. ПОДПРОГРАММА АВТОМАТА <i>ACHx</i> | 55 |
| 7.3. ВЫЗОВ ПОДПРОГРАММ | 55 |
| 8. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИАЛОГА С ОПЕРАТОРОМ | 57 |
| 9. ТЕСТИРОВАНИЕ..... | 59 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ. ФРАГМЕНТ ДОКУМЕНТА “ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА РАЗРАБОТКУ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ. ТРЕБОВАНИЯ К ФУНКЦИЯМ АСУ” | 60 |

1. Пакет *LabVIEW*

LabVIEW – пакет графического программирования систем измерений и автоматики. Именно в таком порядке – преимущественно для систем измерений, но применим и для систем автоматики.

Вводный курс в мир *LabVIEW* можно пройти, прочитав статью “*LabVIEW* за пять минут - первая программа” (http://vitec.ru/main.php?action=publ&subaction=articles¶m1=article_01) с сайта дистрибьютера *LabVIEW* – компании *Vitec* (компания является членом *National Instruments Alliance* – объединения разработчиков со всего мира, использующих в своих системах программные и аппаратные решения компании *National Instruments*, США).

LabVIEW позиционируется как решение проблемы “программирования для инженеров или ученых, разрабатывающих реальную компьютерную систему ввода/вывода и обработки сигналов различной природы (температура, звук, видео и др. или их модели), которые не могут себе позволить (или не хотят) окунаться в тонкости программирования для современных 32-х разрядных операционных систем.

Когда конфигурация и функциональная схема системы определены, вопрос рутинного программирования становится зачастую камнем преткновения и главным тормозом в работе.

Решение проблемы – средство программирования, которым может воспользоваться любой человек, знакомый с функциональными блок-диаграммами, а не только программист – гуру. Именно таким инструментом и стал *LabVIEW* для десятков тысяч пользователей во всем мире. Более десяти лет назад *National Instruments* предложила и запатентовала новый, графический язык программирования G. Опираясь знакомыми понятиями: функциональный блок, соединение, диаграмма, инженер быстро и, что очень важно, наглядно, решает поставленную задачу, не углубляясь в дебри программирования. По самым осторожным оценкам у разработчиков на *LabVIEW* сроки выполнения работ сокращаются как минимум в 4–10 раз. Если при этом принять во внимание, что *LabVIEW* компилирует графические картинки (блок-диаграммы) в машинный код, обеспечивая высокую скорость выполнения программ, то популярность такого решения становится понятна.

Должную надежность обеспечивает широкое использование готовых (значит тысячи раз проверенных другими программистами) программных модулей. Это драйвера устройств ввода/вывода сигналов, полный набор математики от элементарной арифметики до сложной обработки сигналов, индикаторы, переключатели и графики на лицевой панели, функции для работы с массивами и сложными структурами данных, функции сетевого взаимодействия и т.д.”

LabVIEW, уступающее в целом высокопрофессиональным средам визуального программирования (например, *Visual C*), является все же наилучшим продуктом “все в одном”, который позволяет даже неквалифицированному программисту быстро и качественно создавать необходимые приложения.

Для автора методики *LabVIEW* является единственной средой программирования в силу не только простоты освоения и пользования (он не является квалифицированным программистом и не умеет работать в других средах), но и возможности делать практически все, что необходимо для профессиональной деятельности в области программирования.

2. Цель данной работы

Эта работа не является методикой, охватывающей все вопросы программирования на *LabVIEW*. Она рассказывает о концепции применения технологии, способной еще больше **увеличить эффективность использования пакета *LabVIEW* для программирования задач логического управления** (на примере проекта АСУ). Как было сказано выше, *LabVIEW* создавалось в большей мере для проектирования систем измерений, но большие, если не сказать огромные, внутренние ресурсы пакета позволяют решать даже сложные в логическом плане задачи, например, такие как автоматизация технологических процессов. И именно здесь применение ***SWITCH-технологии***[®], предложенной профессором А.А. Шалыто (<http://is.ifmo.ru/persons/shalyto/>) совместно с великолепными визуальными решениями, которые предоставляет этот недорогой пакет, делает *LabVIEW* просто суперпакетом, супернадходкой для любого проектировщика, программиста, пользователя.

Работа является продолжением темы практического применения технологии автоматного программирования (Вавилов К.В. Программируемые логические контроллеры *SIMATIC S7-200* (*SIEMENS*)). Методика алгоритмизации и программирования задач логического управления, <http://is.ifmo.ru/>, раздел «Автоматы») и призвана показать какой объем проектирования, реализации и тестирования возможно проделать в *LabVIEW*, используя ***SWITCH-технологию***[®], эффективность которой с повышением сложности логической задачи только возрастает.

3. Объект управления

Для примера выбран проект автоматизации процесса вакуумирования. Проектирование, реализация и тестирование **логической части** выполнены летом-осенью 2003 года, а после годичного перерыва весной 2005 года произведена пусконаладка всего комплекса автоматизированной системы управления (АСУ).

Мнемосхема комплекса управляемого оборудования криогенно-вакуумной установки (КВУ) приведена на рис. 1.

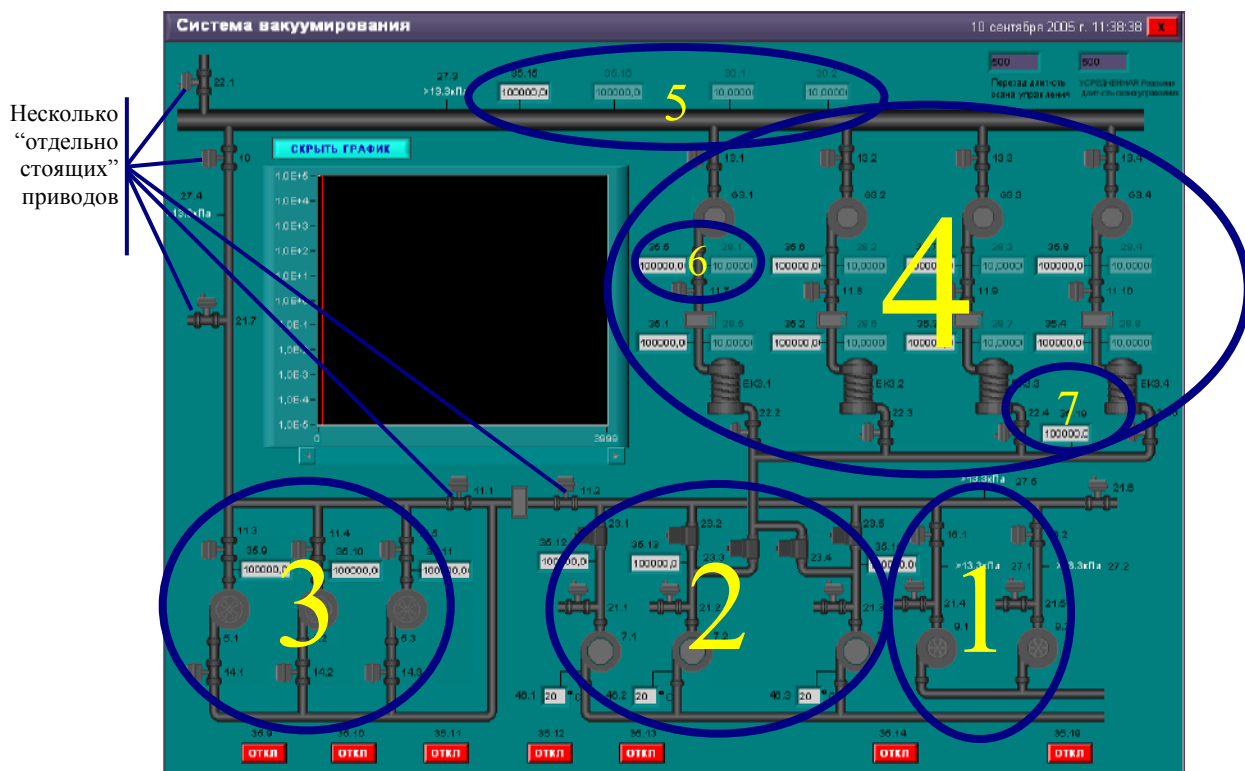


Рис. 1. Мнемосхема комплекса управляемого оборудования

На этой мнемосхеме цифрами выделены следующие группы приводов и приборов:

1. Группа приводов с условным обозначением *Группа 9*.

Насосы этой группы понижают давление в камере от атмосферного до $1,33 \cdot 10^4$ Па:

- основная группа (*Группа 91*) – насос, затвор, клапан;
- резервная группа (*Группа 92*) – насос, затвор, клапан.

2. Группа приводов с условным обозначением *Группа 7*.

Насосы этой группы понижают давление в камере до 133 Па и поддерживают низкое давление в форвакуумной магистрали перед агрегатами ЭДВА.

Для понижения используются:

- первая основная группа (*Группа a71*) – насос, аварийный вентиль, клапан;
- вторая основная группа (*Группа a72*) – насос, аварийный вентиль, клапан;
- резервная группа (*Группа a73*) – насос, аварийный вентиль, клапан.

Для поддержания низкого давления в форвакуумной магистрали используются:

- основная группа (*Группа b73*) – насос, аварийный вентиль, клапан;
- резервная группа (*Группа b72*) – насос, аварийный вентиль, клапан.

3. Группа приводов с условным обозначением *Группа 5*.

Насосы этой группы понижают давление в камере до 0,665 Па.

Для понижения используются:

- первая основная группа (*Группа 51*) – насос, два затвора;
- вторая основная группа (*Группа 52*) – насос, два затвора;
- резервная группа (*Группа 53*) – насос, два затвора.

4. Группа приводов с условным обозначением *Группа 3* (агрегаты ЭДВА).

Насосы этой группы понижают давление в камере до 0,00665 Па.

Для понижения используются:

- первая основная группа (*Группа 31*) – выпрямитель, нагреватель, два затвора, клапан;
- вторая основная группа (*Группа 32*) – выпрямитель, нагреватель, два затвора, клапан;
- третья основная группа (*Группа 33*) – выпрямитель, нагреватель, два затвора, клапан;
- резервная группа (*Группа 34*) – выпрямитель, нагреватель, два затвора, клапан;

5. Группа управляемых приборов измерения давления в камере.

- два взаимнорезервируемых прибора измерения давления в пределах $10^{-1} \dots 10^5$ Па;
- два взаимнорезервируемых прибора измерения давления в пределах $10^{-5} \dots 10$ Па.

6. Группа управляемых приборов измерения давления в полостях ЭДВА.

- восемь приборов измерения давления в пределах $10^{-1} \dots 10^5$ Па;
- восемь приборов измерения давления в пределах $10^{-5} \dots 10$ Па.

7. Группа управляемых приборов измерения давления в трубопроводах.

- семь приборов измерения давления в пределах $10^{-1} \dots 10^5$ Па.

Создание вакуума производится последовательным переключением с менее мощных насосов на более мощные и занимает примерно три часа. После этого установка продолжает работу в течение четырех-пяти суток.

Приборы измерения давления имеют ограниченный непрерывный срок работы (максимум 24 ч) и могут снова включаться только после восстановления работоспособности (через 30 мин).

4. Требования к АСУ в части логики управления

Из рассмотрения состава оборудования следует, что система управления должна обеспечивать резервирование в течение всего периода работы установки. Следует также отметить, что переход с основного насоса на резервный, а также переключение с менее мощной группы на более мощную осуществляется не мгновенно (не только пуском-остановом насосов) и при условии нормальной работы соответствующих затворов, вентилях и, естественно, самих насосов. **Это хороший пример задачи логического управления, “утяжеленного” резервированием в любой момент времени.**

Первоначальное техническое задание на АСУ датировалось серединой 90-х прошлого века. С тех пор наука и техника шагнули вперед. Поэтому разработчики АСУ, переработав старое, создали и согласовали с Заказчиком новое техническое задание. Был выбран вариант централизованного управления на базе промышленного компьютера и пакета *LabVIEW*. Технология вакуумирования осталась прежней, а вот интерфейс “АСУ–оператор” принял современный вид.

Общие принципы логики управления опираются на диалог с оператором. Ниже приведена выдержка из технического задания. Полный текст задания, относящийся к логическому управлению, приведен в ПРИЛОЖЕНИИ. Он занимает более десятка листов.

9. Некоторые принципы реализации функций управления в особых ситуациях.

9.1. Если параметр (например, температура или давление охлаждающей воды), характеризующий или определяющий состояние основного насоса, агрегата, достиг значения, которое вызывает предупредительную сигнализацию, запрещается автоматический (или ручной) запуск насоса, агрегата. При этом в автоматическом режиме вместо основного запускается резервный насос, агрегат.

9.2. Если параметр (например, температура или давление охлаждающей воды), характеризующий или определяющий состояние насоса, агрегата, достиг значения, которое вызывает аварийную сигнализацию, осуществляется автоматический останов работающего насоса, агрегата. При этом в автоматическом режиме запускается резервный насос, агрегат.

9.3. Условиями автоматического использования технологического резерва являются:

- незапуск насоса, агрегата, невключение нагревателя и т.п. по команде АСУ;
- отключение по внешним причинам насоса, агрегата, нагревателя и т.п.

9.4. Если использование технологического резерва не единственное решение, например, затвор по команде АСУ не открылся полностью, порядок действий АСУ следующий:

- выводится диалоговое окно с тремя вариантами дальнейшей работы (“Повторение команды на открытие”, “Ручное механическое открытие затвора с подтверждением” (в этом случае процесс продолжится без использования технологического резерва), “Использование технологического резерва”);
- если в течении определенного времени оператор не выбрал вариант, система автоматически выполняет последний вариант.

9.5. Если использование технологического резерва не единственное решение, например, давление не достигло определенного значения за заданный промежуток времени, порядок действий АСУ следующий:

- выводится диалоговое окно с тремя вариантами дальнейшей работы (“Продление ожидания значения” (предполагается повторение периода ожидания), “Продолжение работы при достигнутом значении”, “Использование технологического резерва”);
- если в течении определенного времени оператор не выбрал вариант, система автоматически выполняет последний вариант.

9.6. Если технологический резерв отсутствует и при невыполнении операции прекращение автоматического управления не единственное решение, например, затвор 10 по команде АСУ не открылся полностью, порядок действий АСУ следующий:

- выводится диалоговое окно с тремя вариантами дальнейшей работы (“Повторение команды на открытие”, “Ручное механическое открытие затвора с подтверждением” (в этом случае процесс продолжится), “Переход на ручной дистанционный режим управления”);
- если в течении определенного времени оператор не выбрал вариант, система автоматически выполняет последний вариант.

9.7. Если технологический резерв исчерпан и прекращение автоматического управления не единственное решение, порядок действий АСУ следующий:

- выводится диалоговое окно с двумя вариантами дальнейшей работы (“Автоматическое завершение работы системы вакуумирования”, “Переход на ручной дистанционный режим управления”);
- если в течении определенного времени оператор не выбрал вариант, система автоматически выполняет последний вариант.

Как следует из приведенного фрагмента технического задания, в нем особое внимание уделяется не нормальному ходу процесса (это технология – и она должна выполняться без всяких условий), а именно ненормальной работе оборудования. При этом момент перехода на резерв или завершение работы как бы “оттягивается”, давая оператору возможность тем или иным способом повлиять на ситуацию (например, вручную открыть несработавший затвор) или подождать еще какое-то время (например, если необходимое давление не достигнуто за контрольное время). И даже, если резерв исчерпан, оператор может выбрать продолжение работы в ручном дистанционном режиме. К слову сказать, даже за относительно короткий период наладки оборудование действительно выходило из строя, и все принятые решения полностью себя оправдали. Каждый раз система “добиралась” до вакуума разными “путями”, обходя неисправную технику. При этом были “пройдены” все варианты диалога с оператором.

5. Алгоритмы управления

Следует отметить, что *LabVIEW* является одной из сред, где применение **SWITCH-технологии**[®] весьма эффективно. Здесь есть все необходимые конструкции языка, а “параллельность” выполнения графического кода возможно обойти без проблем. Поэтому принципы применения **SWITCH-технологии**[®] (именно применения, а не самой технологии) в этом случае, такие же как, например, для программируемых логических контроллеров (Вавилов К.В. <http://is.ifmo.ru>, раздел «Автоматы»).

Все алгоритмы в АСУ делятся на вспомогательные, базовые и технологические. Базовые – это алгоритмы непосредственного управления приводами. Технологические алгоритмы предназначены для формирования команд управления в требуемый момент времени. Они выполняются при автоматическом режиме управления. Наиболее сложные, естественно, технологические алгоритмы.

Целью настоящей работы является описание концепции совместного использования *LabVIEW* и *SWITCH-технологии*. Поэтому нет необходимости подробно разбирать каждый алгоритм. Ниже для наиболее сложных (или важных) автоматов данного проекта приведены схемы связей и графы переходов, которые разработаны с помощью пакета *MS Visio*.

5.1. Автомат определения текущего режима управления

Схема связей автомата приведена на рис. 2, а граф переходов – на рис. 3.



Рис. 2. Схема связей автомата определения текущего режима управления

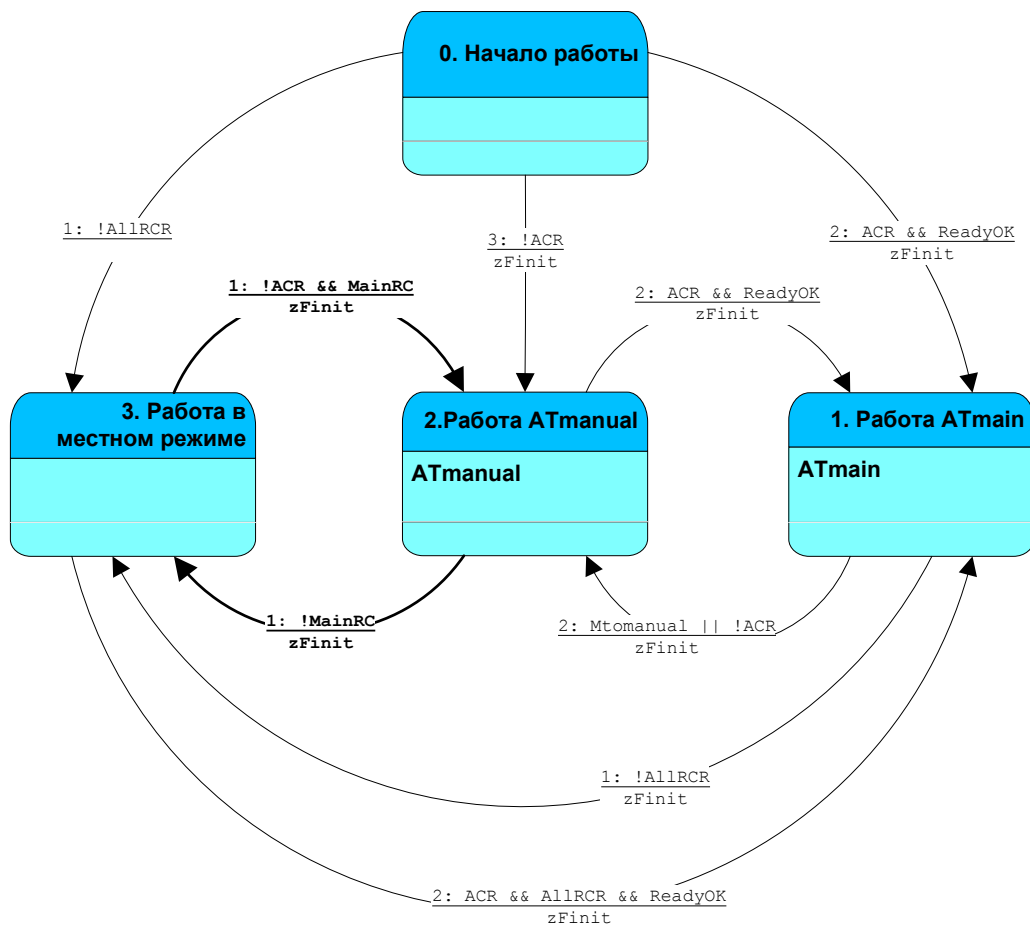


Рис. 3. Граф переходов автомата определения текущего режима управления

5.2. Базовые автоматы

5.2.1. Автомат управления нереверсивным приводом

Схема связей автомата приведена на рис. 4, а граф переходов – на рис. 5.



Рис. 4. Схема связей автомата управления нереверсивным приводом

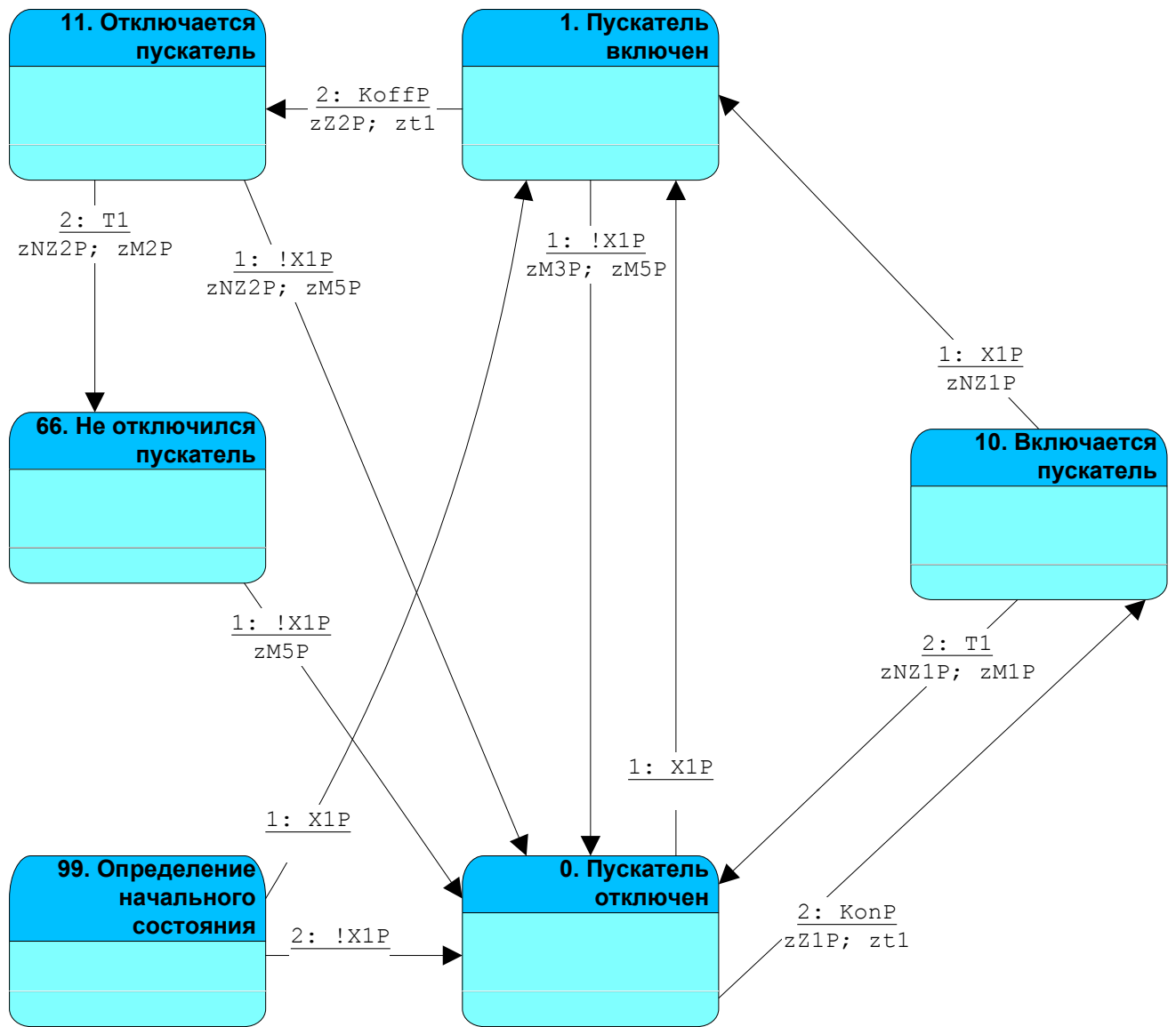


Рис. 5. Граф переходов автомата управления нереверсивным приводом

5.2.2. Автомат управления реверсивным приводом

Схема связей автомата приведена на рис. 6, а граф переходов – на рис. 7.

| Автомат управления приводом затвора I типа (ACSx) | | |
|---|------|-------|
| Включен на открытие | X1S | zZ1S |
| Включен на закрытие | X2S | |
| Открыт | X3S | zNZ1S |
| Закрыт | X4S | |
| Команда "Открыть" | KopS | zZ2S |
| Команда "Закрыть" | Kc1S | |
| | | zNZ2S |
| Разница между текущим и временем начала контроля больше либо равна уставке включения/отключения пускателя | T1 | zt1 |
| Разница между текущим и временем начала контроля больше либо равна уставке открытия/закрытия затвора | T2 | zt2 |
| | | zM1S |
| | | zM2S |
| | | zM3S |
| | | zM4S |
| | | zM5S |
| | | zM6S |
| | | |
| | | zM7S |
| | | zM8S |
| | | zMopS |
| | | zMclS |

Рис. 6. Схема связей автомата управления реверсивным приводом

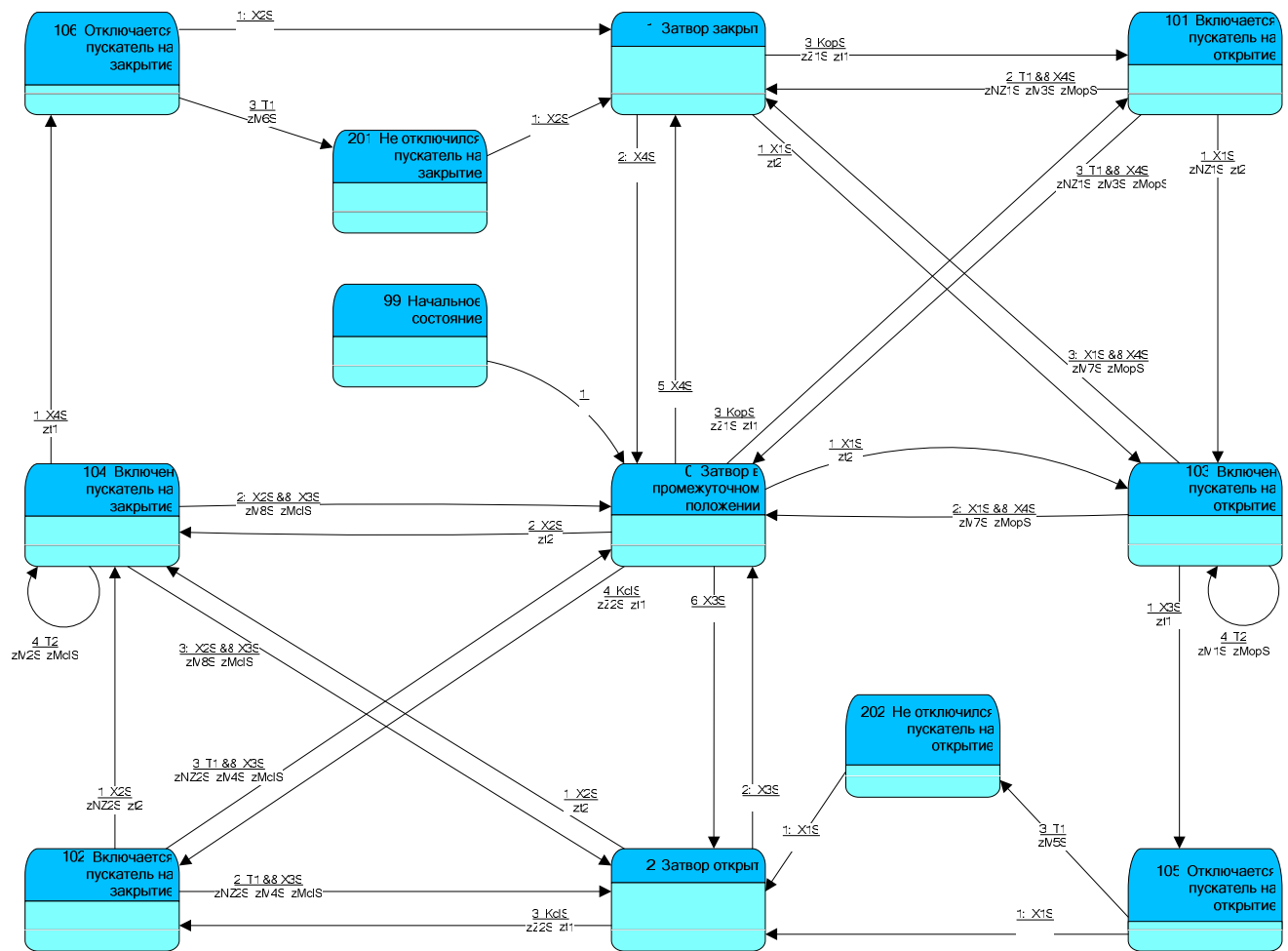


Рис. 7. Граф переходов автомата управления реверсивным приводом

5.3. Технологические автоматы

5.3.1. Главный технологический автомат управления вакуумированием (*ATmain*)

Схема связей автомата приведена на рис. 8, а граф переходов – на рис. 9.

| Главный технологический автомат управления вакуумированием (ATmain) | | |
|--|----------------|-------------|
| Есть готовность системы вакуумирования к пуску | ReadyOK | DATmainair |
| Оператор дал команду "Автоматическое завершение работы системы вакуумирования" | Fstop | ATmain |
| Оператор дал команду "Пуск системы вакуумирования в автоматическом режиме" | Frun | ATmain |
| Оператор выбрал вариант "Подтверждает открытие вентилей" | Fcont | ATmain |
| Оператор выбрал вариант "Не подтверждает открытие вентилей" | Fout | ATmain |
| Разница между текущим и временем начала контроля давления воды в контурах охлаждающей воды больше либо равно уставке TSS | TS | ATbps |
| Разница между текущим и временем начала контроля выбора оператора больше либо равно уставке TSC | TO | ATbps |
| Нормальная температура воды в контурах охлаждающей воды | pTw | ATmain |
| Нормальное давление воды в контурах охлаждающей воды | pPw | ATmain |
| Группа b7 завершила работу ненормально | ARt7offEi | ATmain |
| Группа 3 завершила работу ненормально | AR3offEi | ATmain |
| Откачка камеры с использованием группы 9 завершилась нормально | ATmain9offEi | ATmain |
| Откачка камеры с использованием группы 9 завершилась ненормально | ATmain9offEi | ATmain |
| Только откачка камеры с использованием групп a7 5 завершилась нормально | ATmaina75offEi | ATmain |
| Откачка камеры с использованием групп a7 5 завершилась ненормально | ATmaina75offEi | ATmain |
| Байпасная откачка полостей агрегатов завершилась нормально | ATbpsoff | ATmain |
| Байпасная откачка полостей агрегатов завершилась ненормально | ATbpsoffEi | ATmain |
| Откачка камеры с использованием групп 5 и a7 завершилась нормально. Возможен подключение групп 3 и b7 на откачку камеры | ATmainb75offEi | ATmain |
| Откачка камеры или полостей ЭДВ завершились ненормально | ATmainb75offEi | ATmain |
| Откачка камеры с использованием групп t7 и 3 обеспечила выход на режим испытаний | ATmainb73offEi | ATmain |
| Откачка камеры с использованием групп t7 и 3 не обеспечила выход на режим испытаний | ATmainb73offEi | ATmain |
| Работа системы вакуумирования завершилась нормально | ATmainendoff | zFopS36137E |
| Работа системы вакуумирования завершилась ненормально | ATmainendoffEi | zFopS36137E |
| | zFinit | zMNReady |
| | zMNReady | zMNReady |
| | zMNReadyW | zMerrARb7 |
| | zMerrARb7 | zMerrAR3 |
| | zMerrAR3 | zMmanua |
| | zVrun | zNVrun |
| | zNVrun | zVstop |
| | zVstop | zNVstop |
| | ztE | ztC |
| | ztC | |

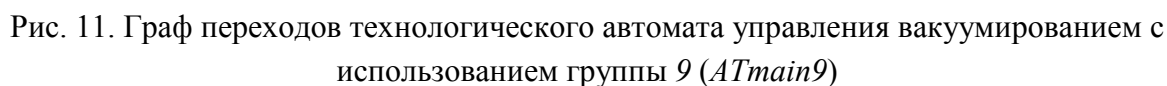
Рис. 8. Схема связей главного технологического автомата управления вакуумированием (*ATmain*)

5.3.2. Технологический автомат управления вакуумированием с использованием группы 9 (ATmain9)

Схема связей автомата приведена на рис. 10, а граф переходов – на рис. 11.

| Технологический автомат управления вакуумированием с использованием группы 9 (ATmain9) | | |
|--|------------------|---|
| Затворы 11.1, 11.2, 14.1, 14.2, 14.3 открыты | FX3S111143 | Вызываемый диалог технологического автомата управления системой вакуумирования |
| Затворы 10 13 1-13 4 открыты | FX3S100131134 | Вызываемый автомат резервирования групп 91, 92 |
| Давление в камере меньше либо равно 13300 Па | pP1 | Вызываемый автомат резервирования групп а71, а72, а73 |
| Давление в коллекторе Ду250 (д.27.5) меньше либо равно 13300 Па | pPdu250 | |
| Давление в коллекторе Ду400 (д.27.4) меньше либо равно 13300 Па | pPdu400 | Запись признака "Нет достижения давления 13300 Па в камере за контрольное время" |
| Ненормальное открытие любого из затворов 11.1, 11.2, 14.1, 14.2, 14.3 | FzM1 | Запись признака "Отказ в группе 9 при отсутствии резерва" |
| Ненормальное открытие любого из затворов 10 13 1-13 4 | FMopS111143 | Запись признака "Отказ в группе а7 при отсутствии резерва" |
| Оператор выбрал вариант "Продлить ожидание значения давления" или "Повторить команду на открытие(закрытие)" | FMopS100131134 | Запись признака "Нет достижения давления 13300 Па в Ду250 за контрольное время" |
| Оператор выбрал вариант "Продолжить работу при достигнутом значении давления" или "Подтвердить ручное механическое открытие(закрытие)" или др. | Frep | Запись признака "Нет достижения давления 13300 Па в Ду400 за контрольное время" |
| Оператор выбрал вариант "Переход на технологический резерв" или "Автоматический переход на ручной дистанционный режим" | Fcont | Запись признака "Подтверждено ручное заливание ловушки" |
| Разница между текущим и временем начала контроля больше либо равно уставке достижения давления 13300 Па в камере | Fout | Запись признака "Откачка камеры с использованием группы 9 завершилась нормально" |
| Разница между текущим и временем начала контроля больше либо равно уставке достижения давления 13300 Па в коллекторе Ду250 | T1 | Запись признака "Откачка камеры с использованием группы 9 завершилась ненормально" |
| Разница между текущим и временем начала контроля больше либо равно уставке достижения давления 13300 Па в коллекторе Ду400 | Tdu250 | Зафиксировать время начала контроля достижения давления 13300 Па в камере (запомнить текущее время) |
| Разница между текущим и временем начала контроля выбора оператора больше либо равно уставке TSO | Tdu400 | Зафиксировать время начала контроля достижения давления 13300 Па в коллекторе Ду250 (запомнить текущее время) |
| Группа 9 завершила работу нормально | TO | Зафиксировать время начала контроля достижения давления 13300 Па в коллекторе Ду400 (запомнить текущее время) |
| Группа 9 завершила работу ненормально | AR9off | Зафиксировать время начала контроля выбора оператора (запомнить текущее время) |
| Группа а7 завершила работу ненормально | AR9offEr | Запись команды "Открыть затворы 11.1, 11.2, 14.1, 14.2, 14.3" |
| Резерв группы 9 исчерпан | ARa7offEr | Стирание команды "Открыть затворы 11.1, 11.2, 14.1, 14.2, 14.3" |
| | zFzKopS111143 | Запись команды "Открыть затворы 10 13 1-13 4" |
| | zNFKopS111143 | Стирание команды "Открыть затворы 10 13 1-13 4" |
| | zFKopS100131134 | Запись команды "Завершить работу группы 91" |
| | zNFKopS100131134 | Запись команды "Завершить работу группы 92" |
| | zKoffAT91 | |
| | zKoffAT92 | |
| | zKoffAT91R | Запись команды "Завершить работу группы 91 и перейти на резерв" |
| Затворы 16 1 16 2 закрыты | FX4S161162 | |

Рис. 10. Схема связей технологического автомата управления вакуумированием с использованием группы 9 (ATmain9)



5.3.3. Технологический автомат управления вакуумированием с использованием групп а7 и 5 (ATmaina75)

Схема связей автомата приведена на рис. 12, а граф переходов – на рис. 13.

| Технологический автомат управления только вакуумированием с использованием групп а7, 5 (ATmaina75) | | | |
|---|---------------------|-----------------------|--|
| Затвор 1 ^н закрыт | X4S11 ^н | DATmair | Вызываемый диалог технологического автомата управления системой вакуумирования |
| Давление в камере меньше либо равно уставке PS2=133 Па | pP2 | ARa7 | Вызываемый автомат резервирования групп а71 а72 а73 |
| Ненормальное закрытие затвора 1 ^н | MclS11 ^н | AR5 | Вызываемый автомат резервирования групп 51 52 53 |
| Оператор выбрал вариант "Продлить ожидание значения давления" или "Повторить команду на открытие(закрытие)" | Frec | zN2 | Запись признака "Нет достижения давления pPS2 в камере за контрольное время" |
| Оператор выбрал вариант "Продолжить работу при достигнутом значении давления" или "Подтвердить ручное механическое открытие(закрытие)" или др | Fcont | zMerrARa7 | Запись признака "Отказ в группе а7 при отсутствии резерва" |
| Оператор выбрал вариант "Переход на технологический резерв" или "Автоматический переход на ручной дистанционный режим" или др | Fout | zMerrAR5 | Запись признака "Отказ в группе 5 при отсутствии резерва" |
| Разница между текущим и временем начала контроля больше либо равно уставке времени достижения давления в камере PS2 | T2 | zATmaina75offEr | Запись признака "Откачка камеры с использованием групп а7 и 5 завершилась ненормально" |
| Разница между текущим и временем начала контроля выбора оператора больше либо равно уставке TSC | TO | zATmaina75offEr | Запись признака "Откачка камеры с использованием групп а7 и 5 завершилась ненормально" |
| Группа а7 завершила работу ненормальнс | ARa7offEr | zKclS11 ^н | Запись команды "Закрыть затвор 1 ^н -" |
| Группе 5 завершила работу ненормальнс | AR5offEr | zNKclS11 ^н | Стирание команд "Закрыть затвор 1 ^н -" |
| Резерв группы а7 исчерпан | ARa7none | zKoffATa71R | Запись команды "Завершить работу групп а71 и перейти на резерв" |
| | | zKoffATa72R | Запись команды "Завершить работу групп а72 и перейти на резерв" |

Рис. 12. Схема связей технологического автомата управления вакуумированием с использованием групп а7 и 5 (ATmaina75)

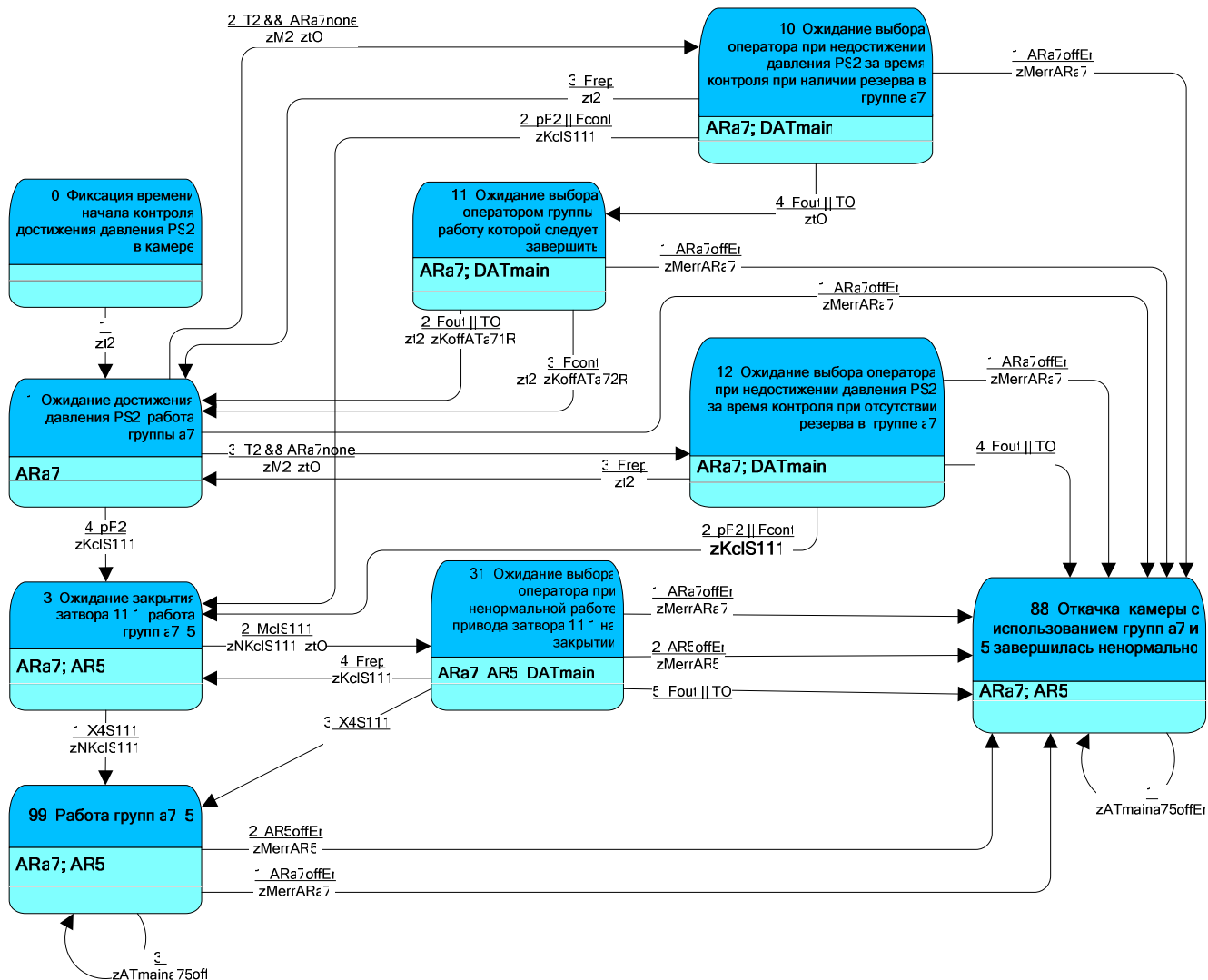


Рис. 13. Граф переходов технологического автомата управления вакуумированием с использованием групп $\varepsilon 7$ и 5 ($ATmain\varepsilon 75$)

5.3.4. Технологический автомат управления байпасной откачкой полостей АВП агрегатов группы 3 с использованием группы b7 и вакуумированием с использованием групп a7 и 5 (ATbps)

Схема связей автомата приведена на рис. 14, а граф переходов – на рис. 15.

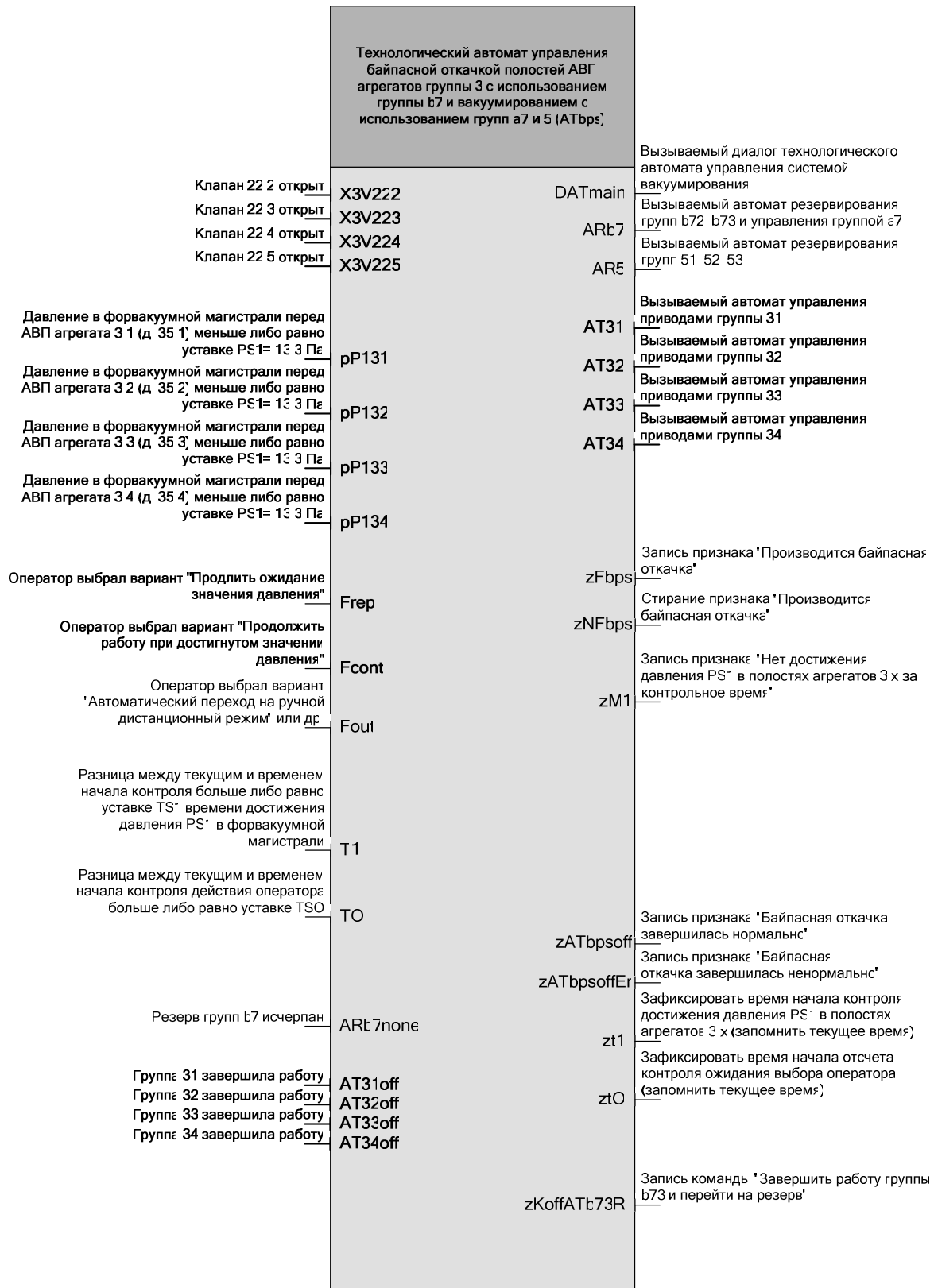


Рис. 14. Схема связей технологического автомата управления байпасной откачкой полостей АВП агрегатов группы 3 с использованием группы b7 и вакуумированием с использованием групп a7 и 5 (ATbps)

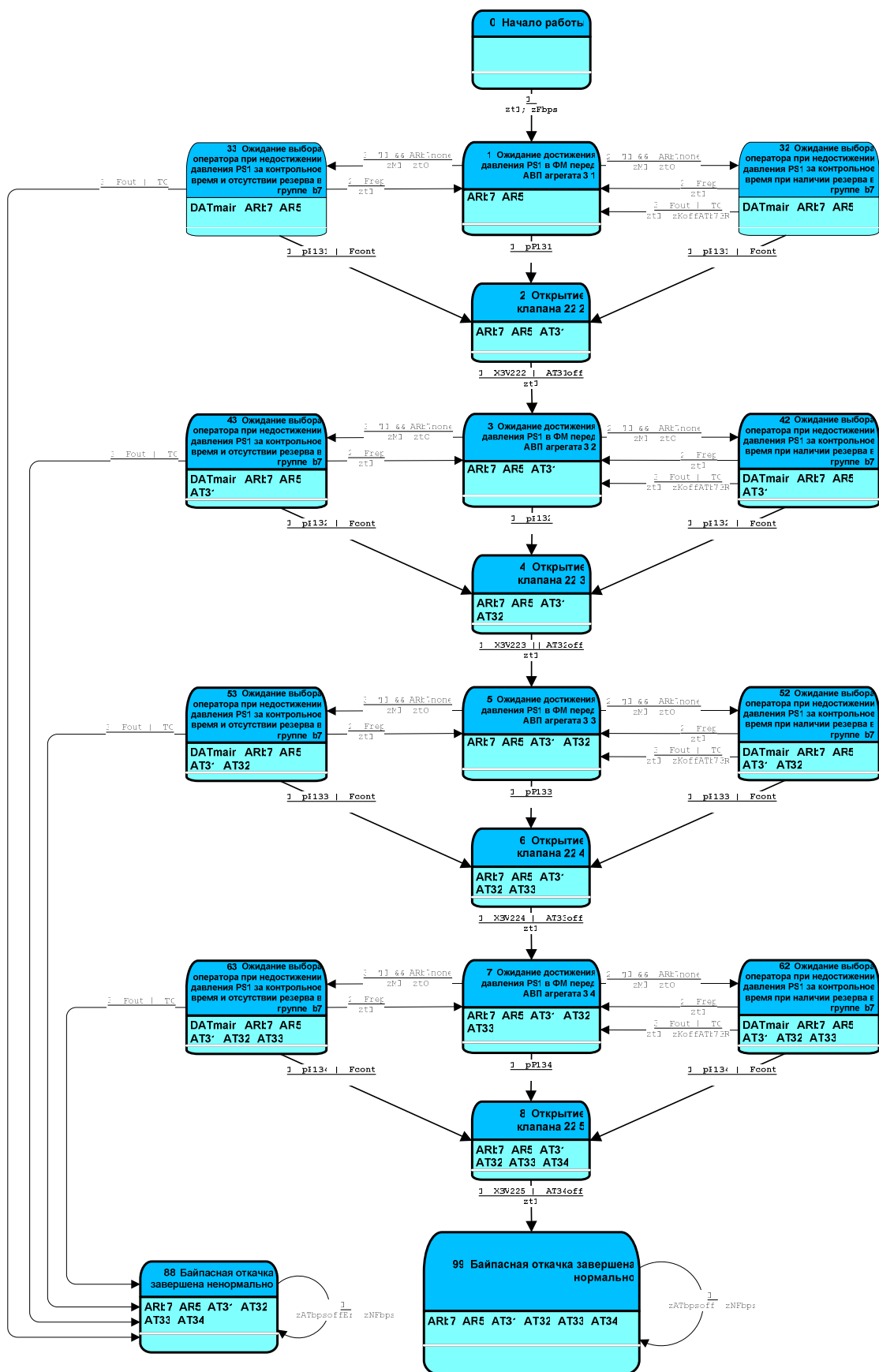


Рис. 15. Граф переходов технологического автомата управления байпасной откачкой полостей АБП агрегатов группы 3 с использованием группы *b7* и вакуумированием с использованием групп *a7* и 5 (*ATbps*)

5.3.5. Технологический автомат управления вакуумированием с использованием групп 5 и а7, работой группы b7 и запуском группы 3 (ATmainb75)

Схема связей автомата приведена на рис. 16, а граф переходов – на рис. 17.

| Технологический автомат управления вакуумированием с использованием групп 5, а7, работой группы b7 и запуском группы 3 (ATmainb75) | | |
|--|-----------|--|
| | DATmain | Вызываемый диалог технологического автомата управления системой вакуумирования |
| Давление в форвакуумной магистрали меньше либо равно уставке PS4=13 3 Пг (д 35 15) | pP4 | Вызываемый автомат резервирования групп t72 b73 и управления группой а7 |
| Давление в камере меньше либо равно уставке PS5=0 93 Пг | pP5 | Вызываемый автомат резервирования групп 51 52 53 |
| Оператор выбрал вариант 'Продлить ожидание значения давления' или 'Повторить команду на открытие(закрытие)' | Frep | Вызываемый автомат резервирования групп 31 32 33 34 |
| Оператор выбрал вариант 'Продолжить работу при достигнутом значении давления' или 'Подтвердить ручное механическое открытие(закрытие)' или др. | Fcont | |
| Оператор выбрал вариант 'Переход на технологический резерв' или 'Автоматический переход на ручной дистанционный режим' или др. | Fout | |
| | | zM4 |
| | | zM5 |
| | | zMerrARb7 |
| Разница между текущим и временем начала контроля больше либо равно уставке времени достижения давления в форвакуумной магистрали PS4 | T4 | zMerrAR5 |
| Разница между текущим и временем начала контроля больше либо равно уставке времени достижения давления в камере PS5 | T5 | zMerrAR3 |
| Разница между текущим и временем начала контроля выбора оператора больше либо равно уставке TSO | TC | zATmainb75offEr |
| Группа t7 завершила работу ненормально | ARt7offEr | zATmainb75off |
| Группа 5 завершила работу ненормально | AR5offEr | |
| Группа 3 завершила работу ненормально | AR3offEr | |
| Резерв группы t7 исчерпан | ARt7none | zt4 |
| Резерв группы 5 исчерпан | AR5none | zt5 |
| | | ztO |
| | | zKoffATt73R |
| | | zKoffAT51R |
| | | zKoffAT52R |

Рис. 16. Схема связей технологического автомата управления вакуумированием с использованием групп 5 и а7, работой группы b7 и запуском группы 3 (ATmainb75) .

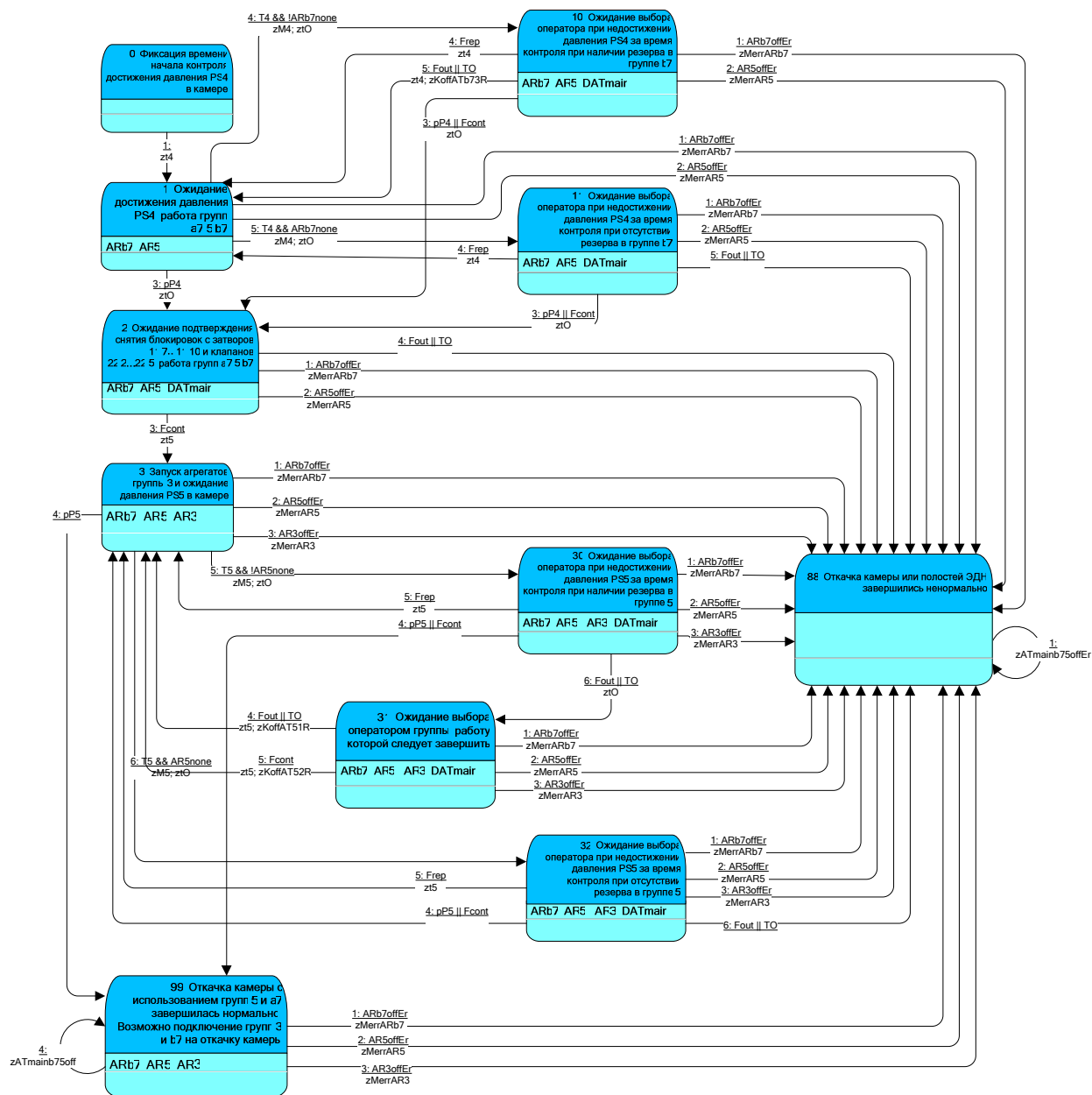


Рис. 17. Граф переходов технологического автомата управления вакуумированием с использованием групп 5 и а7, работой группы b7 и запуском группы 3 (ATmainb75)

5.3.6. Технологический автомат управления вакуумированием с использованием групп *b7* и *3* и завершением работы групп *5* и *a7* (ATmainb73)

Схема связей автомата приведена на рис. 18, а граф переходов – на рис. 19.

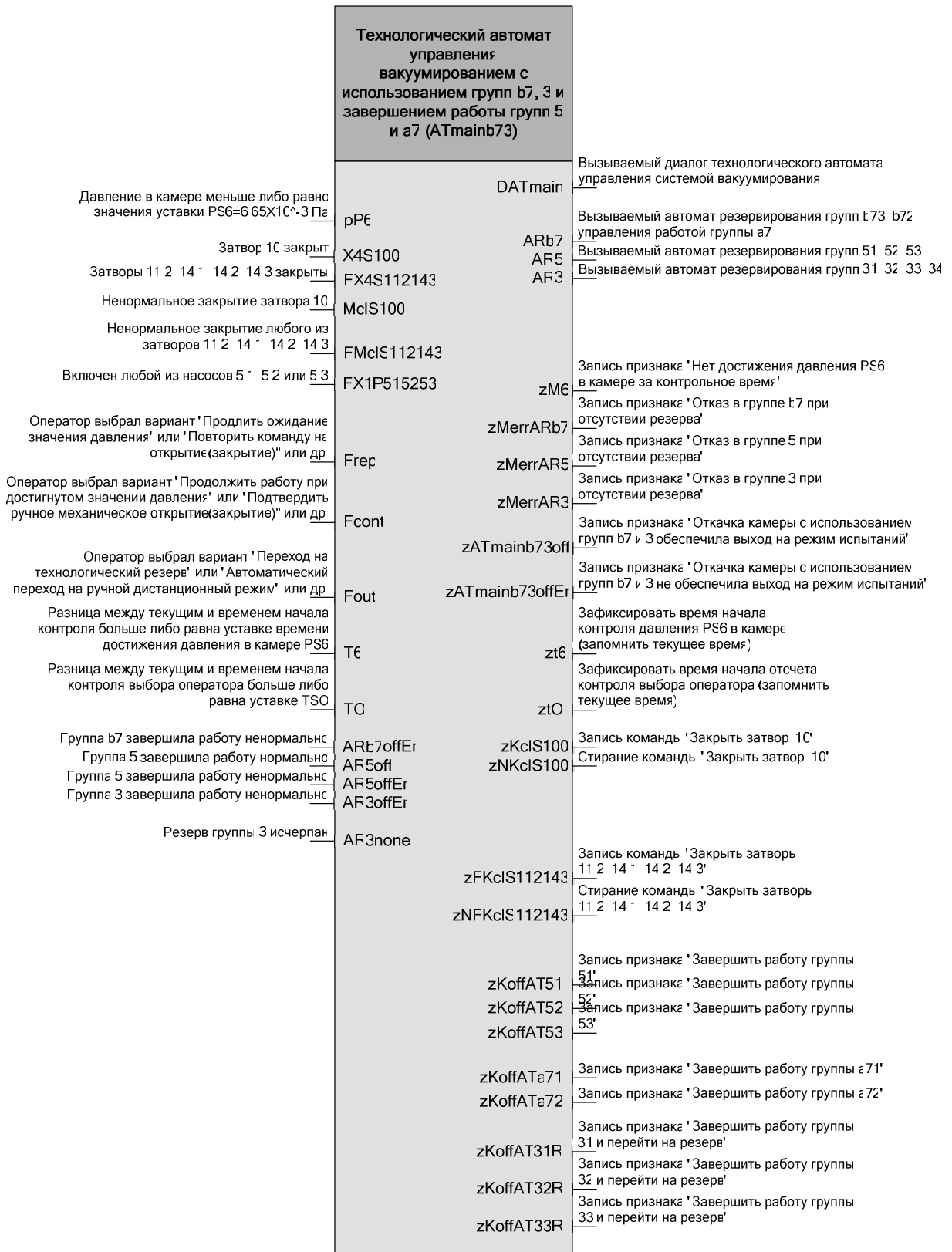


Рис. 18. Схема связей технологического автомата управления вакуумированием с использованием групп *b7* и *3* и завершением работы групп *5* и *a7* (ATmainb73)

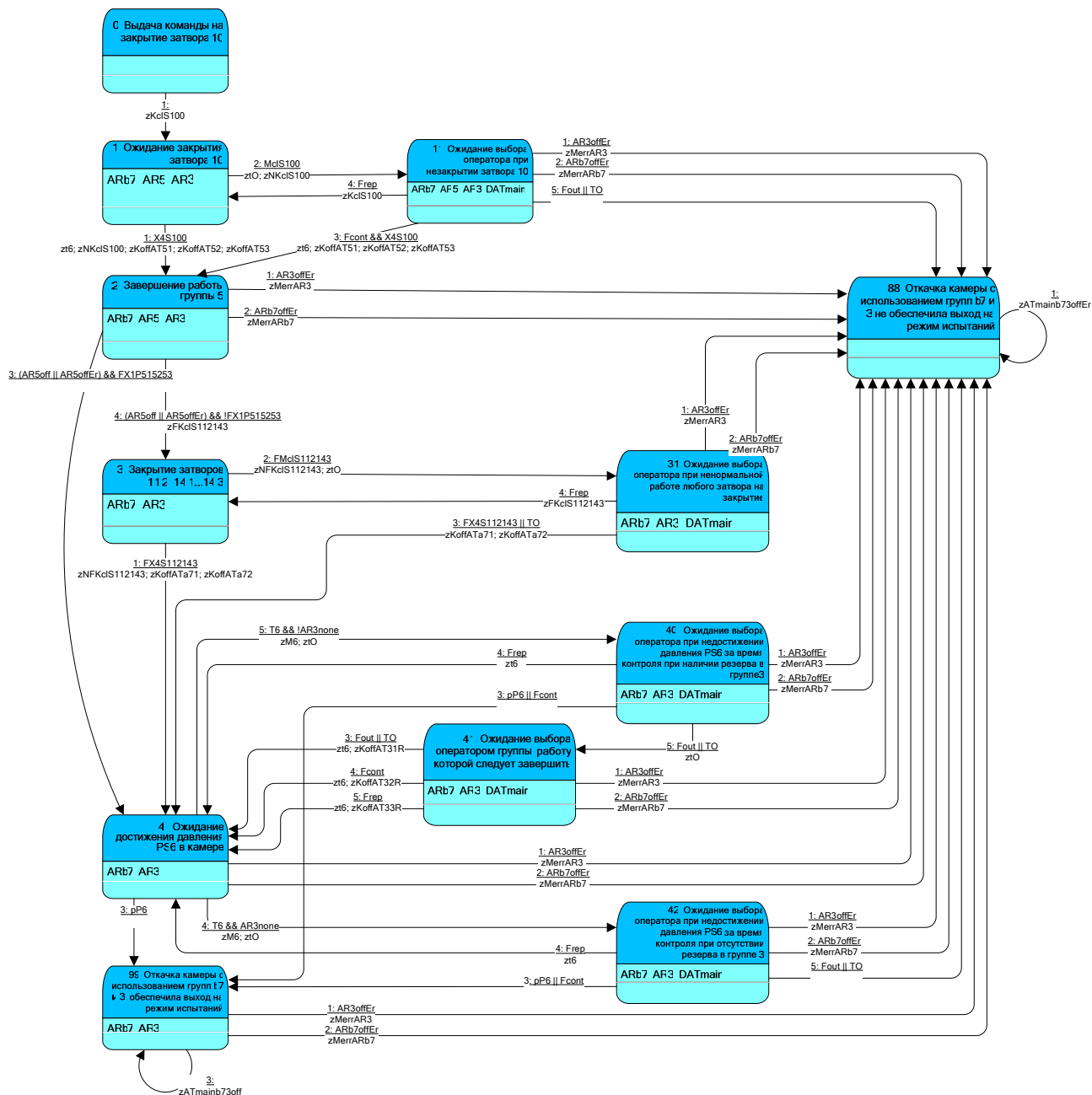


Рис. 19. Граф переходов технологического автомата управления вакуумированием с использованием групп *b7* и *3* и завершением работы групп *5* и *a7* (*ATmainb*)

5.3.7. Технологический автомат управления завершением работы системы вакуумирования (*ATmainEnd*)

Схема связей автомата приведена на рис. 20, а граф переходов – на рис. 21.

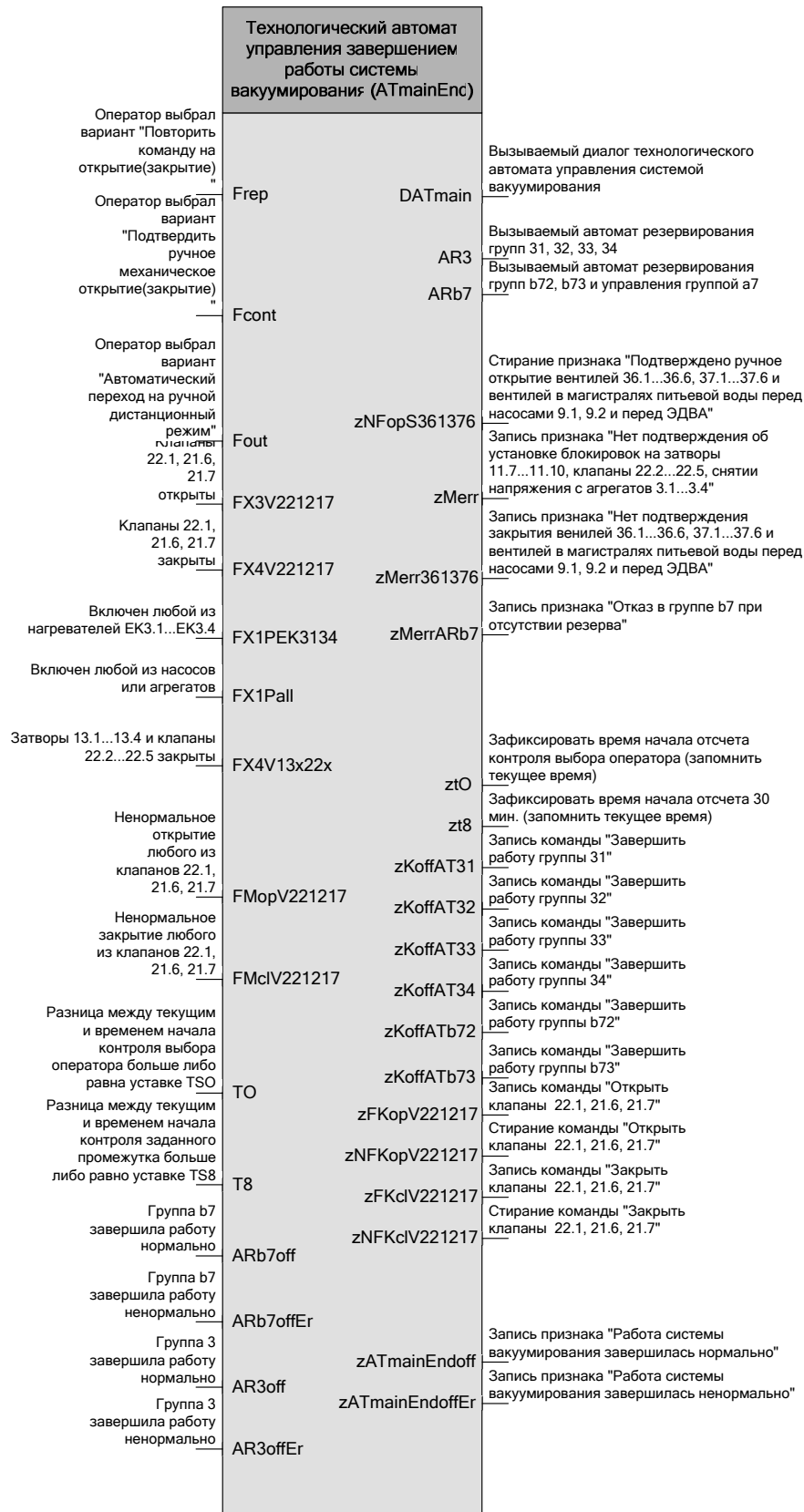


Рис. 20. Схема связей технологического автомата управления завершением работы системы вакуумирования (*ATmainEnd*).

5.4. Технологические автоматы резервирования групп оборудования

5.4.1. Автомат резервирования групп 91 и 92 (AR9)

Схема связей автомата приведена на рис. 22, а граф переходов – на рис. 23.

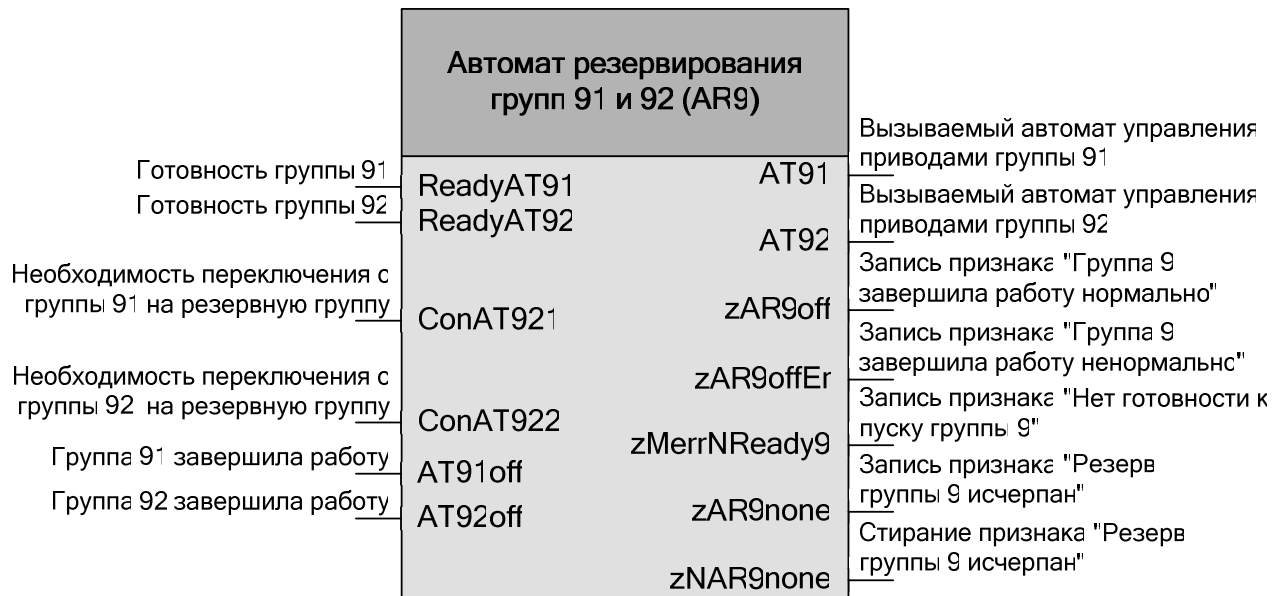


Рис. 22. Схема связей автомата резервирования групп 91 и 92 (AR9)

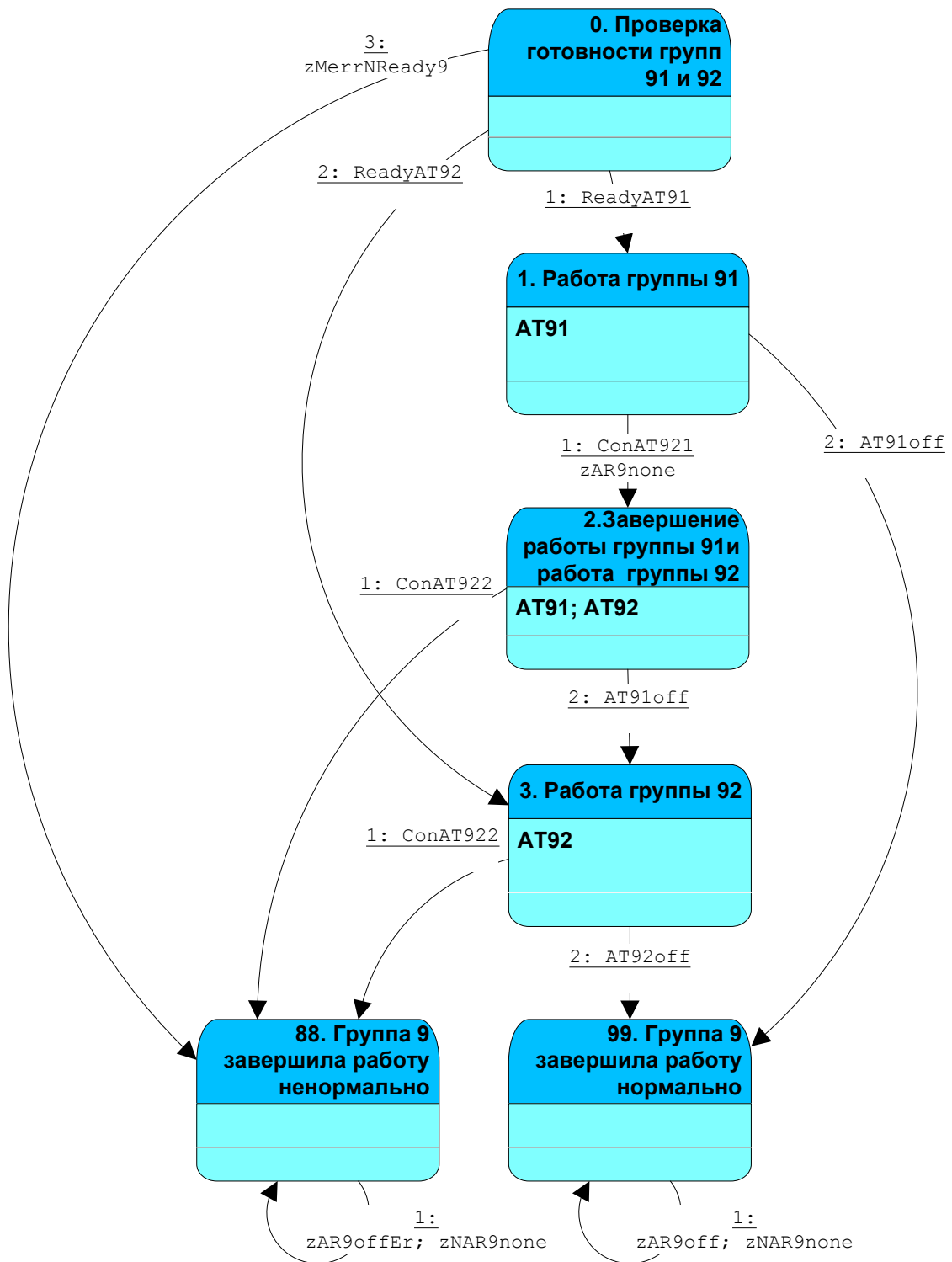


Рис. 23. Граф переходов автомата резервирования групп 91 и 92 (AR9)

5.4.2. Автомат резервирования групп *a71*, *a72* и *a73* (*ARa7*)

Схема связей автомата приведена на рис. 24, а граф переходов – на рис. 25.

| Автомат резервирования групп <i>a71</i> , <i>a72</i> и <i>a73</i> (<i>ARa7</i>) | | |
|---|---------------|---|
| Готовность группы <i>a71</i> | ReadyATa71 | ATa71 |
| Готовность группы <i>a72</i> | ReadyATa72 | |
| Готовность группы <i>a73</i> | ReadyATa73 | |
| Необходимость переключения с группы <i>a71</i> на резервную группу | ConATa731 | ATa72 |
| Необходимость переключения с группы <i>a72</i> на резервную группу | ConATa732 | ATa73 |
| Необходимость переключения с группы <i>a73</i> на резервную группу | ConATa733 | |
| Группа <i>a71</i> завершила работу | ATa71off | |
| Группа <i>a72</i> завершила работу | ATa72off | |
| Группа <i>a73</i> завершила работу | ATa73off | |
| | zARa7off | Запись признака "Группа <i>a7</i> завершила работу нормально" |
| | zARa7offEr | Запись признака "Группа <i>a7</i> завершила работу ненормально" |
| | zMerrNReadya7 | Запись признака "Нет готовности к пуску группы <i>a7</i> " |
| | zARa7none | Запись признака "Резерв группы <i>a7</i> исчерпан" |
| | zNARa7none | Стирание признака "Резерв группы <i>a7</i> исчерпан" |

Рис. 24. Схема связей автомата резервирования групп *a71*, *a72* и *a73* (*ARa7*).

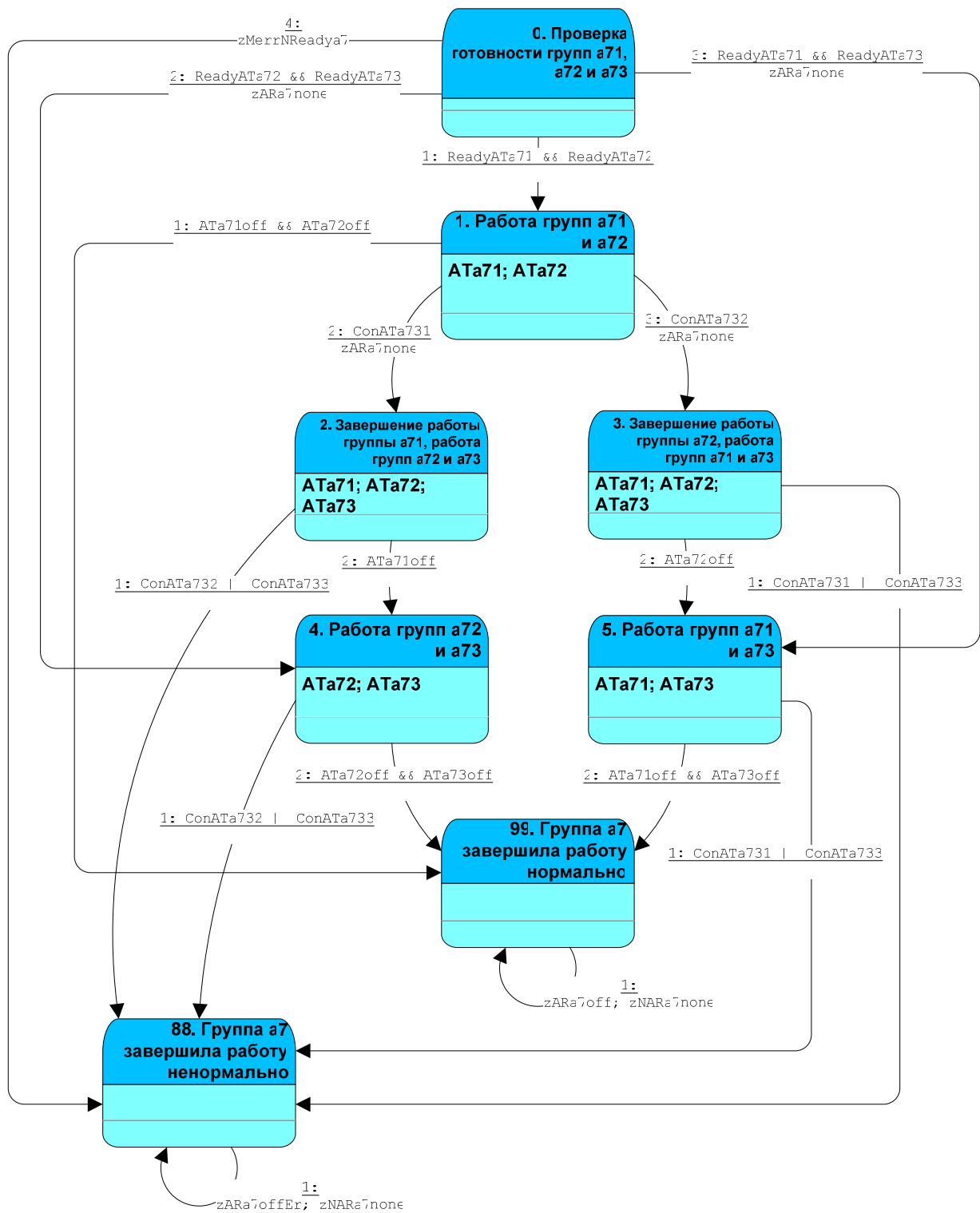


Рис. 25. Граф переходов автомата резервирования групп *a71*, *a72* и *a73* (*ARa7*)

5.4.3. Автомат резервирования групп 51, 52 и 53 (AR5)

Схема связей автомата приведена на рис. 26, а граф переходов – на рис. 27.

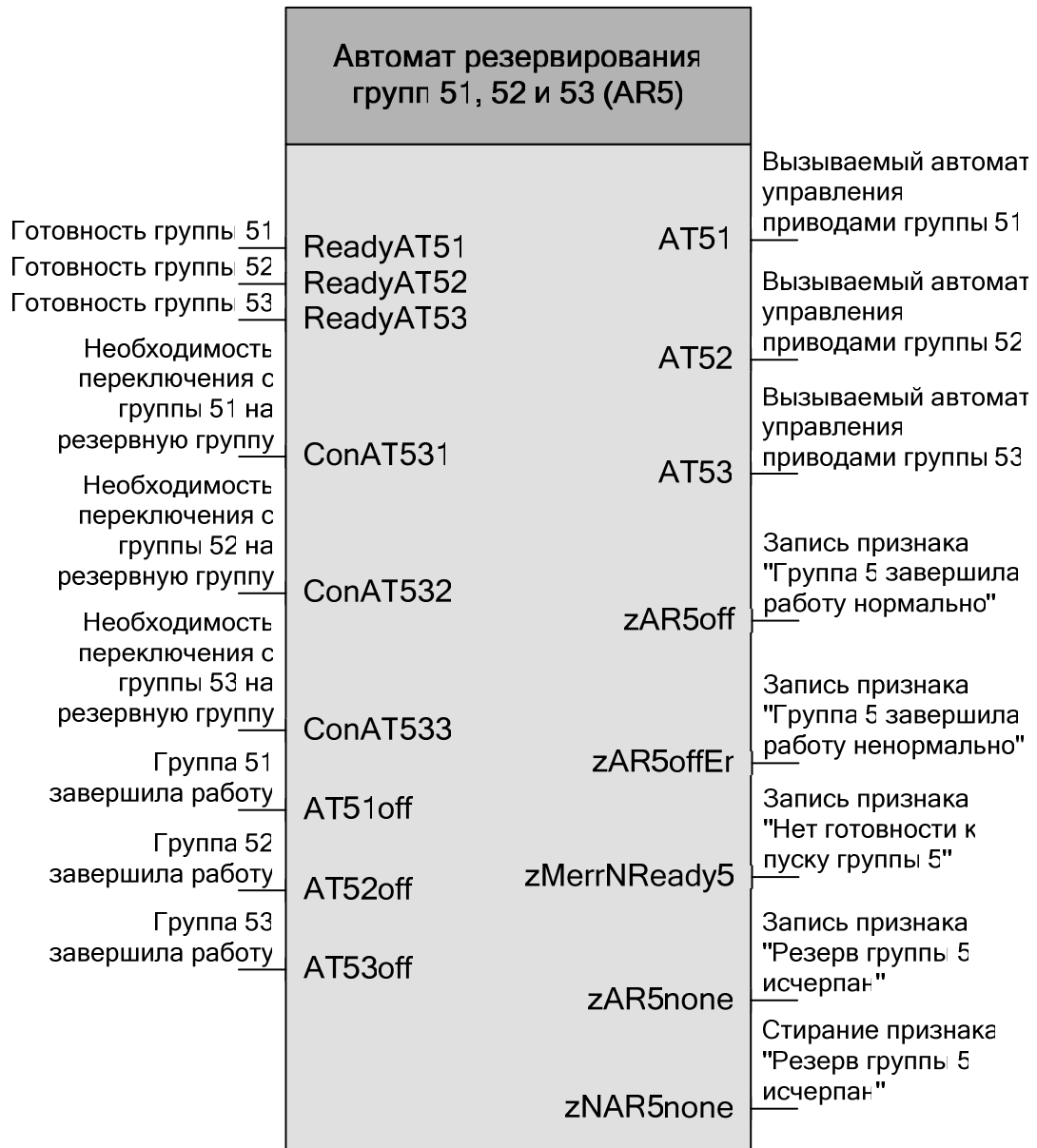


Рис. 26. Схема связей автомата резервирования групп 51, 52 и 53 (AR5)

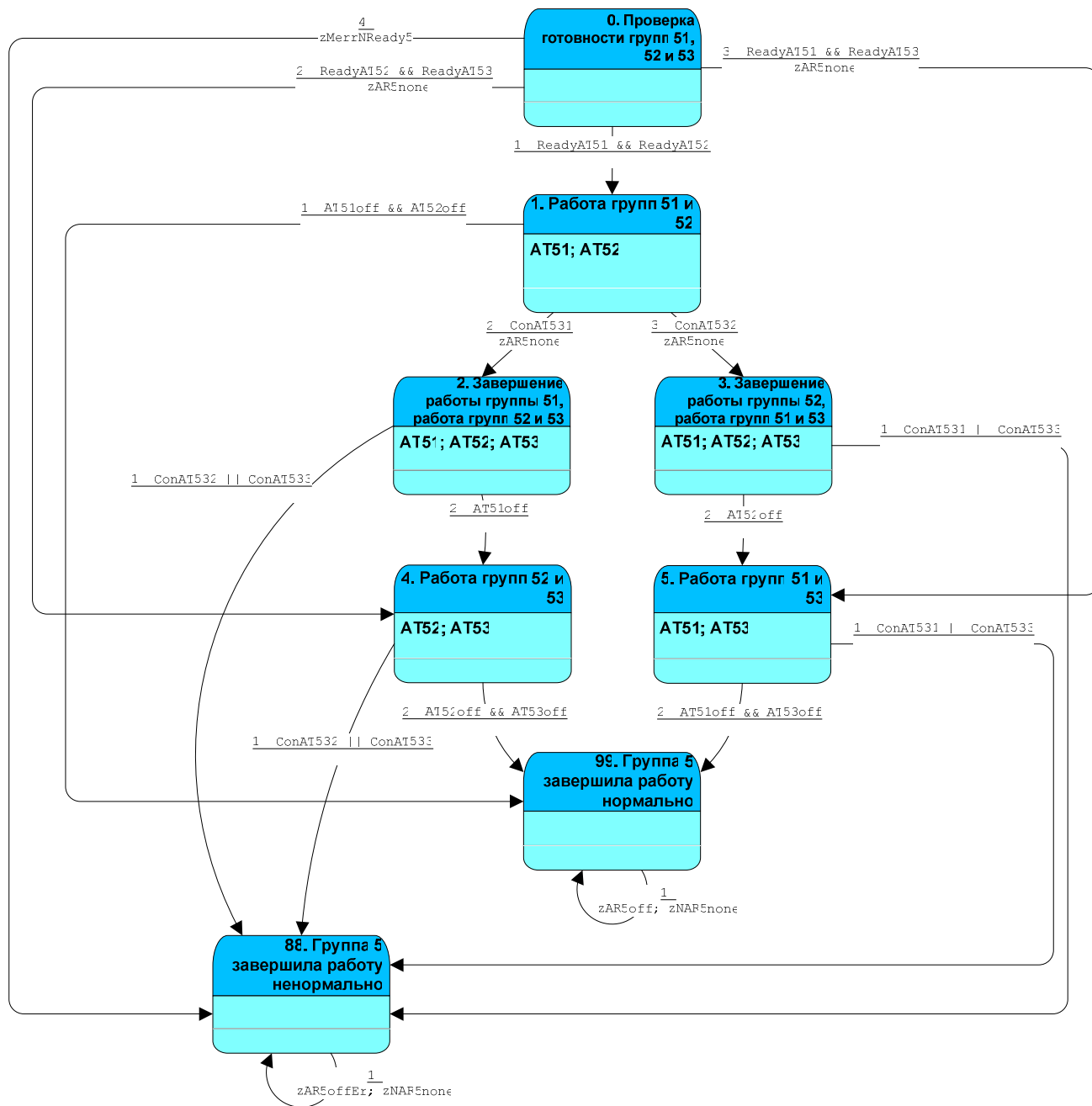


Рис. 27. Граф переходов автомата резервирования групп 51, 52 и 53 (AR5)

5.4.4. Автомат резервирования групп *b73* и *b72* и управления группой *a7* (*ARb7*)

Схема связей автомата приведена на рис. 28, а граф переходов – на рис. 29.



Рис. 28. Схема связей автомата резервирования групп *b73* и *b72* и управления группой *a7* (*ARb7*)

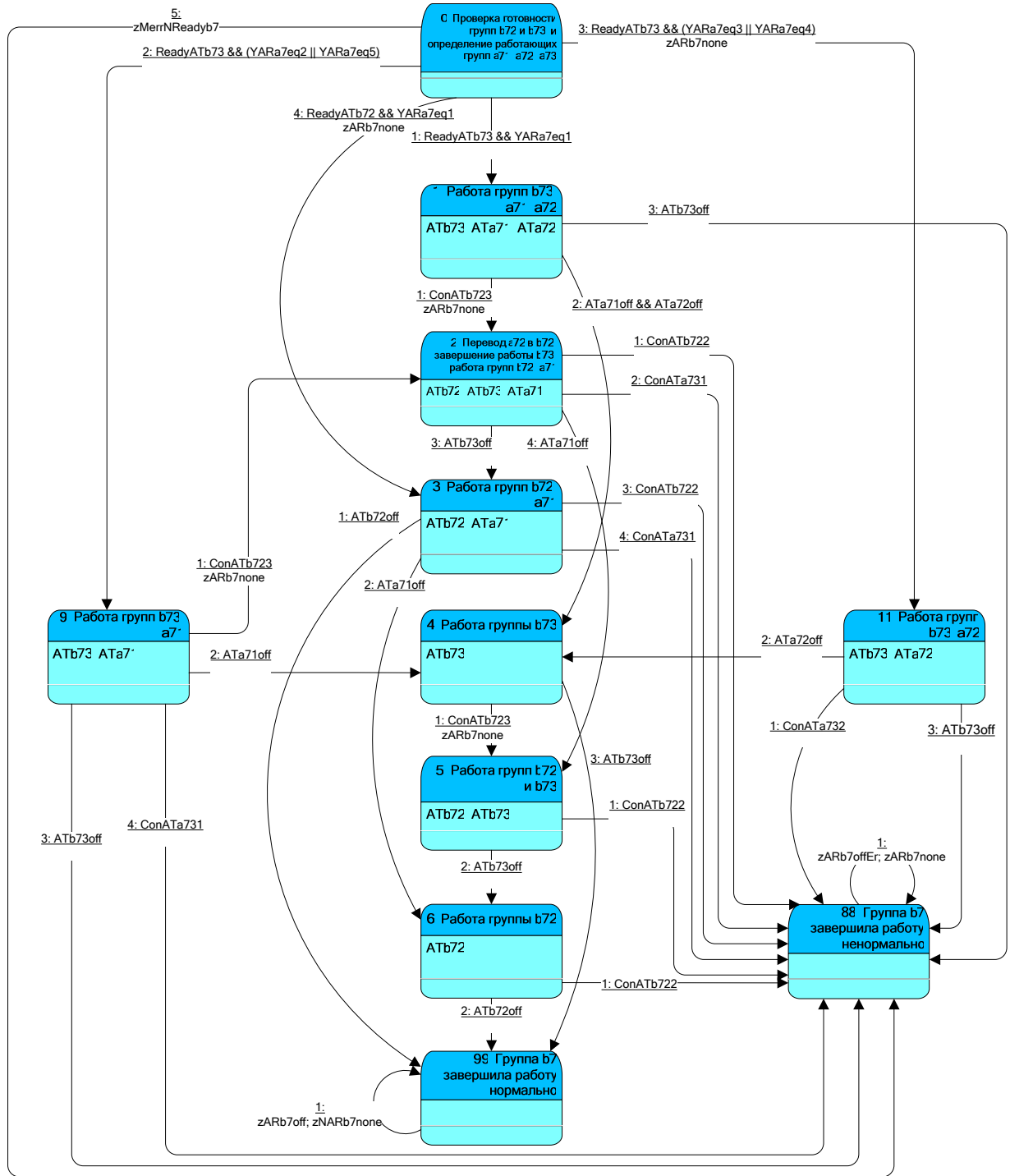


Рис. 29. Граф переходов автомата резервирования групп *b73* и *b72* и управления группой *a7* (*ARb7*)

5.4.5. Автомат резервирования групп 31, 32, 33 и 34 (AR3)

Схема связей автомата приведена на рис. 30, а граф переходов – на рис. 31.

| Автомат резервирования групп 31, 32, 33 и 34 (AR3) | | | |
|--|-----------|--------------|---|
| Готовность группы 31 | ReadyAT31 | AT31 | Вызываемый автомат управления приводами группы 31 |
| Готовность группы 32 | ReadyAT32 | | Вызываемый автомат управления приводами группы 32 |
| Готовность группы 33 | ReadyAT33 | AT32 | Вызываемый автомат управления приводами группы 33 |
| Готовность группы 34 | ReadyAT34 | | Вызываемый автомат управления приводами группы 34 |
| Необходимость переключения с группы 31 на резервную группу | ConAT341 | AT33 | Вызываемый автомат управления приводами группы 34 |
| Необходимость переключения с групп 32 на резервную группу | ConAT342 | AT34 | Запись признака "Группа 3 завершила работу нормальнс" |
| Необходимость переключения с группы 33 на резервную группу | ConAT343 | zAR3off | Запись признака "Группа 3 завершила работу ненормальнс" |
| Необходимость переключения с группы 34 на резервную группу | ConAT344 | zAR3offEr | Запись признака "Нет готовности к пуску групп 3" |
| Группа 31 завершила работу | AT31off | zMerrNReady3 | |
| Группа 32 завершила работу | AT32off | | Запись признака "Резерв группы 3 исчерпан" |
| Группа 33 завершила работу | AT33off | zAR3none | Стирание признака "Резерв группы 3 исчерпан" |
| Группа 34 завершила работу | AT34off | zNAR3none | |

Рис. 30. Схема связей автомата резервирования групп 31, 32, 33 и 34 (AR3)

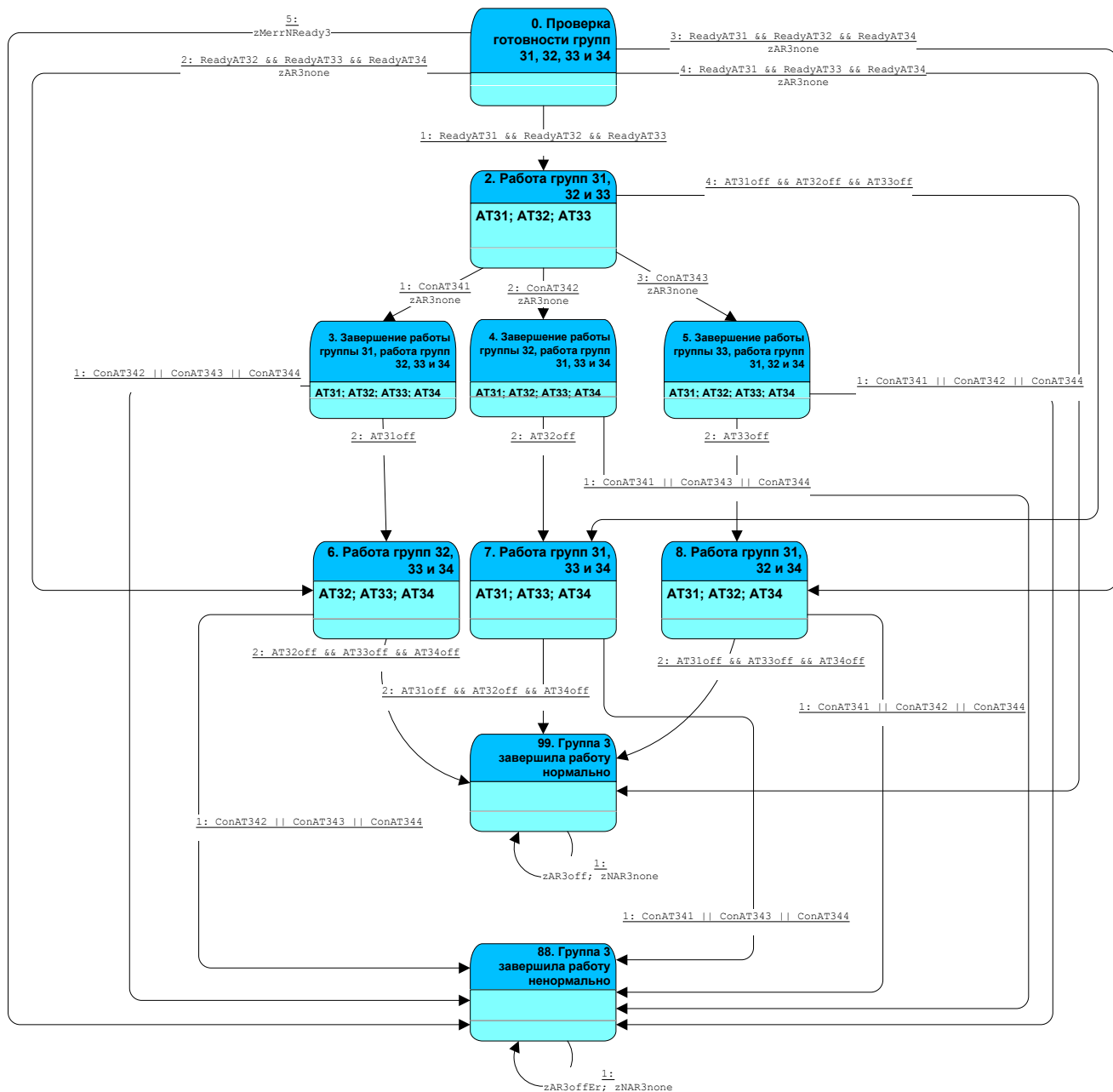


Рис. 31. Граф переходов автомата резервирования групп 31, 32, 33 и 34 (AR3)

5.5. Технологические автоматы непосредственного управления группой оборудования

5.5.1. Автомат управления приводами группы 9х (АТ9х)

Схема связей автомата приведена на рис. 32, а граф переходов – на рис. 33.

| Автомат управления приводами группы 9х (АТ9х) | | | |
|---|-----------|---|--|
| Насос включен | X1F | DAT9x | Вызываемый диалог автомата управления приводами группы 9х |
| Затвор включен на открытие | X1S | | |
| Затвор включен на закрытие | X2S | | |
| Затвор открыт | X3S | | |
| Затвор закрыт | X4S | | |
| Клапан включен на открытие | X1V | | |
| Клапан включен на закрытие | X2V | | |
| Клапан открыт | X3V | | |
| Клапан закрыт | X4V | | |
| Давление перед насосом меньше либо равно $\sim 33 \times 10^4$ Па | pP9x | zFopS38 | Запись признака 'Подтверждено ручное открытие клапана 3E x' |
| Есть все условия для автоматического пуска насоса | ConF | | |
| Есть условие для автоматического останова насоса | CoffF | | |
| Есть все условия для автоматического открытия затвора | CopS | | |
| Есть все условия для автоматического открытия клапана | CopV | | |
| Команда 'Завершить работу группы 9х и перейти на резерв' | KoffAT9xR | | |
| Команда 'Завершить работу группы 9х' | KoffAT9x | | |
| Нет включения пускателя насоса за контрольное время | M1F | | |
| Нет отключения пускателя насоса за контрольное время | M2F | | |
| Нет отключения пускателя затвора на открытие | M5S | | |
| Ненормальная работа затвора на открытие | MopS | zM1 | Запись признака 'Нет достижения давления $\sim 33 \times 10^4$ Па перед насосом за контрольное время' |
| Ненормальная работа затвора на закрытие | Mc1S | | |
| Ненормальная работа клапана на открытие | MopV | | |
| Ненормальная работа клапана на закрытие | Mc1V | | |
| Оператор выбрал вариант 'Продлить ожидание значения давления' или 'Повторить команду на открытие(закрытие)' | Frep | zMNCopS | Запись признака 'Нет необходимых условий для открытия затвора' |
| Оператор выбрал вариант 'Продолжить работу при достигнутом значении давления' или 'Подтвердить ручное механическое открытие(закрытие)' | Fcont | | |
| Оператор выбрал вариант 'Отказаться от использования групп 9х' | Fout | zAT9xoff | Запись признака 'Группа 9х завершила работу' |
| Нормальное давление воды в магистрали питьевой воды перед насосом 9 х | pPWF9x | | |
| Разница между текущим и временем начала контроля достижения давления $\sim 33 \times 10^4$ Па перед насосом больше либо равно уставке TS' | T1 | zConAT92x | Запись признака 'Необходимость переключения с групп 9х на резервную группу' |
| Разница между текущим и временем начала контроля напуска воздуха больше либо равно уставке TS3 | T3 | | |
| Разница между текущим и временем начала контроля выбора оператора больше либо равно уставке TSC | TO | zKonF zKoffF zKopS zNKopS zKclS zNKclS zKopV zNKopV zKclV zNKclV | Зафиксировать время начала контроля достижения давления $\sim 33 \times 10^4$ Па перед насосом (запомнить текущее время) |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Рис. 32. Схема связей автомата управления приводами группы 9х (АТ9х)

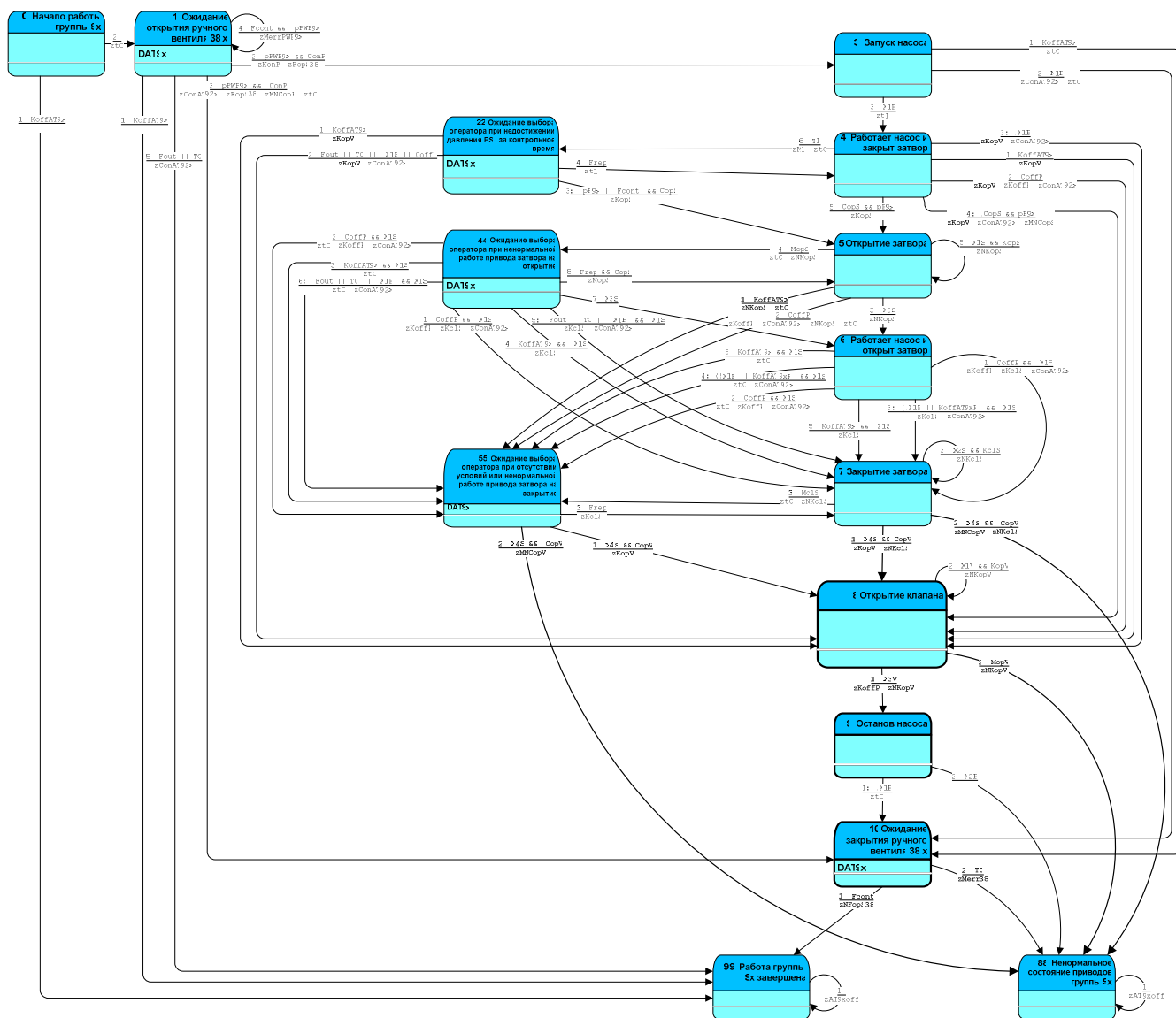


Рис. 33. Граф переходов автомата управления приводами группы 9х (AT9х)

5.5.2. Автомат управления приводами группы *a7x* (*ATa7x*)

Схема связей автомата приведена на рис. 34, а граф переходов – на рис. 35.

| Автомат управления приводами группы <i>a7x</i> (<i>ATa7x</i>) | | |
|--|------------|--|
| Агрегат включен | X1P | DATa7x |
| Клапан включен на открытие | X1V | |
| Клапан включен на закрытие | X2V | |
| Клапан открыт | X3V | |
| Клапан закрыт | X4V | |
| Включен электромагнит вентиля (23 или 23.2 или 23.5) | X1B1 | zFopE1 |
| 35 12.. 35 14) меньше либо равно значению уставки PS | pP1ATa7x | |
| Есть все условия для автоматического включения агрегата | ConP | |
| Есть условие для автоматического останова агрегата | CoffP | |
| Есть все условия для автоматического включения электромагнита вентиля | ConB1 | |
| Есть условие для автоматического отключения электромагнита вентиля | CoffB1 | |
| Есть все условия для автоматического открытия клапана | CopV | |
| Команда "Завершить работу группы <i>a7x</i> и перейти на резерв" | KoffATa7xR | |
| Команда "Завершить работу группы <i>a7x</i> " | KoffATa7x | |
| Нет включения пускателя агрегата за контрольное время | M1P | |
| Нет отключения пускателя агрегата за контрольное время | M2P | zMNConP |
| Нет включения электромагнита вентиля | M1B1 | |
| Нет отключения электромагнита вентиля | M2B1 | zMNCopV |
| Ненормальная работа клапана на открытие | MopV | |
| Ненормальная работа клапана на закрытие | MclV | zMNConB1 |
| Оператор выбрал вариант "Продлить ожидание значения давления" или "Повторить команду на открытие(закрытие)" | Frep | |
| Оператор выбрал вариант "Продолжить работу при достигнутом значении давления" или "Подтвердить ручное механическое открытие(закрытие)" | Fcont | zConATa73x |
| Оператор выбрал вариант "Отказаться от использования группы <i>a7x</i> " | Fout | |
| Разница между текущим и временем начала контроля достижения давления PS перед агрегатом больше либо равно уставке TS | T1 | zt3 |
| Разница между текущим и временем начала контроля напуска воздуха больше либо равно уставке TS3 | T3 | |
| Разница между текущим и временем начала контроля выбора оператора больше либо равно уставке TSO | TO | zKonP zKoffP zKonB1 zKoffB1 zKopV zKclV zNKopV zNKclV |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Рис. 34. Схема связей автомата управления приводами группы *a7x* (*ATa7x*)

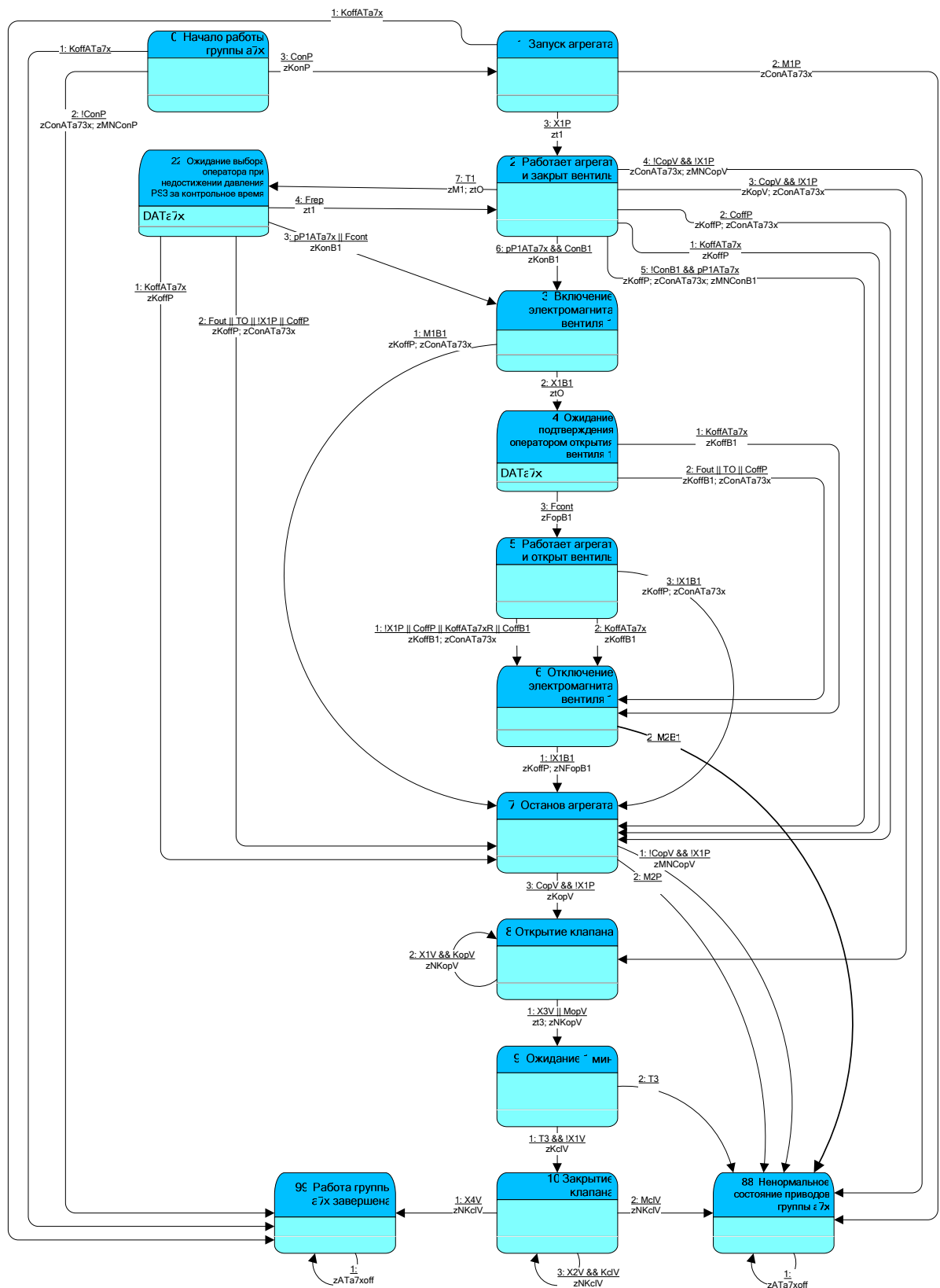


Рис. 35. Граф переходов автомата управления приводами группы $a7x$ ($ATa7x$)

5.5.3. Автомат управления приводами группы 5х (AT5х)

Схема связей автомата приведена на рис. 36, а граф переходов – на рис. 37.

| Автомат управления приводами группы 5х (AT5х) | | | |
|--|-----------|-----------|---|
| Насос включен | X1P | DAT5x | Вызываемый диалог автомата управления приводами группы 5х |
| Затвор включен на открытие | X1S | | |
| Затвор включен на закрытие | X2S | | |
| Затвор открыт | X3S | | |
| Затвор закрыт | X4S | | |
| Давление перед насосом меньше либо равно значения уставки PS1 | pP1AT5x | zM1 | Запись признака "Нет достижения давления PS1 перед насосом за контрольное время" |
| Есть все условия для автоматического пуска насоса | ConP | zMNConP | Запись признака "Нет необходимых условий для включения насоса" |
| Есть условие для автоматического останова насоса | CoffP | zMNCopS | Запись признака "Нет необходимых условий для открытия затвора" |
| Есть все условия для автоматического открытия затвора | CopS | | Запись признака "Группа 5х завершила работу" |
| Команда "Завершить работу группы 5х и перейти на резерв" | KoffAT5xR | zAT5xoff | Запись признака "Необходимость переключения с группы 5х на резервную группу" |
| Команда "Завершить работу группы 5х" | KoffAT5x | | Зафиксировать время начала контроля достижения давления PS1 перед насосом (запомнить текущее время) |
| Нет включения пускателя насоса за контрольное время | M1P | zConAT53x | |
| Нет отключения пускателя насоса за контрольное время | M2P | | |
| Нет отключения пускателя затвора на открытие | M5S | | |
| Ненормальная работа затвора на открытие | MopS | | |
| Ненормальная работа затвора на закрытие | MclS | | |
| Оператор выбрал вариант "Продлить ожидание значения давления" или "Повторить команду на открытие(закрытие)" | Frep | zt1 | Зафиксировать время начала контроля выбора оператора (запомнить текущее время) |
| Оператор выбрал вариант "Продолжить работу при достигнутом значении давления" или "Подтвердить ручное механическое открытие(закрытие)" | Fcont | ztO | Запись команды "Включить насос" |
| Оператор выбрал вариант "Отказаться от использования группы 5х" | Fout | zKonP | Запись команды "Отключить насос" |
| Разница между текущим и временем начала контроля достижения давления pPS1 перед насосом больше либо равно уставке TS1 | T1 | zKopS | "Открыть затвор" |
| Разница между текущим и временем начала контроля выбора оператора больше либо равно уставке TSO | TO | zKclS | Запись команды "Закрыть затвор" |
| | | zNKopS | Стирание команды "Открыть затвор" |
| | | zNKclS | Стирание команды "Закрыть затвор" |

Рис. 36. Схема связей автомата управления приводами группы 5х (AT5х)

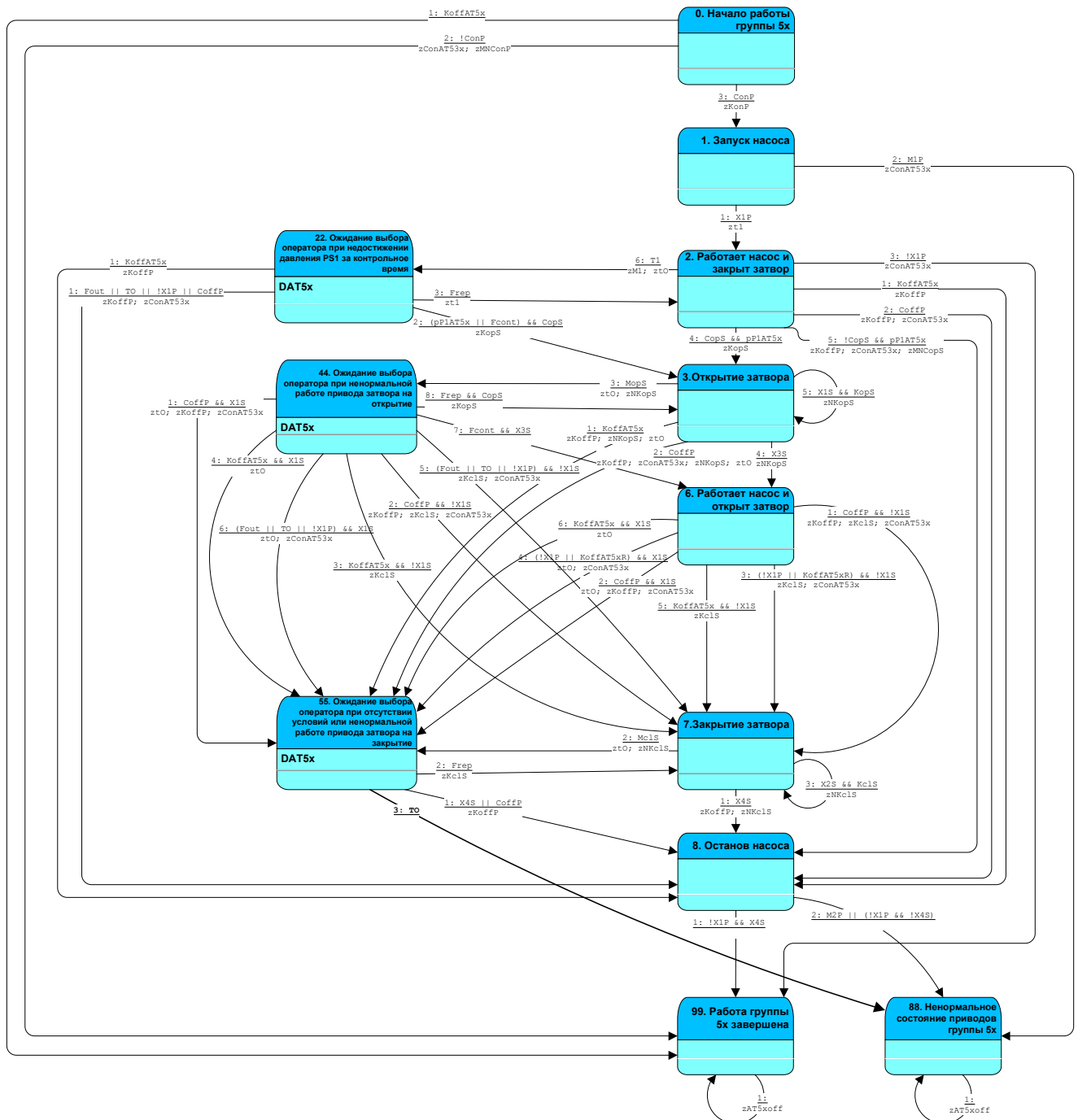


Рис. 37. Граф переходов автомата управления приводами группы 5x (AT5x)

5.5.4. Технологический автомат управления приводами группы *b7x* (*ATb7x*)

Схема связей автомата приведена на рис. 38, а граф переходов – на рис. 39.

| Технологический автомат управления приводами группы <i>b7x</i> (<i>ATb7x</i>) | | |
|--|------------|------------|
| Агрегат включен | X1P | DATb7x |
| Клапан включен на открытие | X1V | |
| Клапан включен на закрытие | X2V | |
| Клапан открыт | X3V | |
| Клапан закрыт | X4V | |
| Включен электромагнит вентиля 2 (23.3 или 23.4) | X1B2 | |
| Давление перед агрегатом меньше либо равно значениям уставки PS1 | pP1ATb7x | |
| Давление в форвакуумной магистрали (д 35 19') меньше либо равно значениям уставки PS22 | pP2ATb7x | zFopB2 |
| Производится байпасная откачка | Fbps | zNFopB2 |
| Есть все условия для автоматического включения агрегата | ConP | zFopB3 |
| Есть условие для автоматического останова агрегата | CoffP | zNFopB3 |
| Есть все условия для автоматического включения электромагнита вентиля 2 | ConB2 | zM1 |
| Есть все условия для автоматического отключения электромагнита вентиля 2 | CoffB2 | zM2 |
| Есть все условия для автоматического открытия клапана | CopV | zM3 |
| Команда "Завершить работу группы <i>b7x</i> и перейти на резерв" | KoffATb7xR | zMNConP |
| Команда "Завершить работу группы <i>b7x</i> " | KoffATb7x | zMNConB2 |
| Нет включения пускателя агрегата за контрольное время | M1P | zMNCopV |
| Нет отключения пускателя агрегата за контрольное время | M2P | zATb7xoff |
| Нет включения электромагнита вентиля 2 | M1B2 | zConATb72x |
| Нет отключения электромагнита вентиля 2 | M2B2 | |
| Ненормальная работа клапана на открытие | MopV | |
| Ненормальная работа клапана на закрытие | MclV | |
| Оператор выбрал вариант "Продлить ожидание значения давления" или "Повторить команду на открытие(закрытие)" | Frep | zt1 |
| Оператор выбрал вариант "Продолжить работу при достигнутом значении давления" или "Подтвердить ручное механическое открытие(закрытие)" | Fcont | zt2 |
| Оператор выбрал вариант "Отказаться от использования группы <i>b7x</i> " | Fout | zt3 |
| Разница между текущим и временем начала контроля давления PS1 перед агрегатом 7.х больше либо равно уставке TS1 | T1 | ztO |
| Разница между текущим и временем начала контроля давления PS21 (PS22) больше либо равно уставке TS2 | T2 | zKonP |
| Разница между текущим и временем начала контроля напуска воздуха больше либо равно уставке TS3 | T3 | zKoffP |
| Разница между текущим и временем начала контроля выбора оператора больше либо равно уставке TSO | TO | zKoffB1 |
| | | zKonB2 |
| | | zKoffB2 |
| | | zKopV |
| | | zKclV |
| | | zNKopV |
| | | zNKclV |

Рис. 38. Схема связей технологического автомата управления приводами группы *b7x* (*ATb7x*)

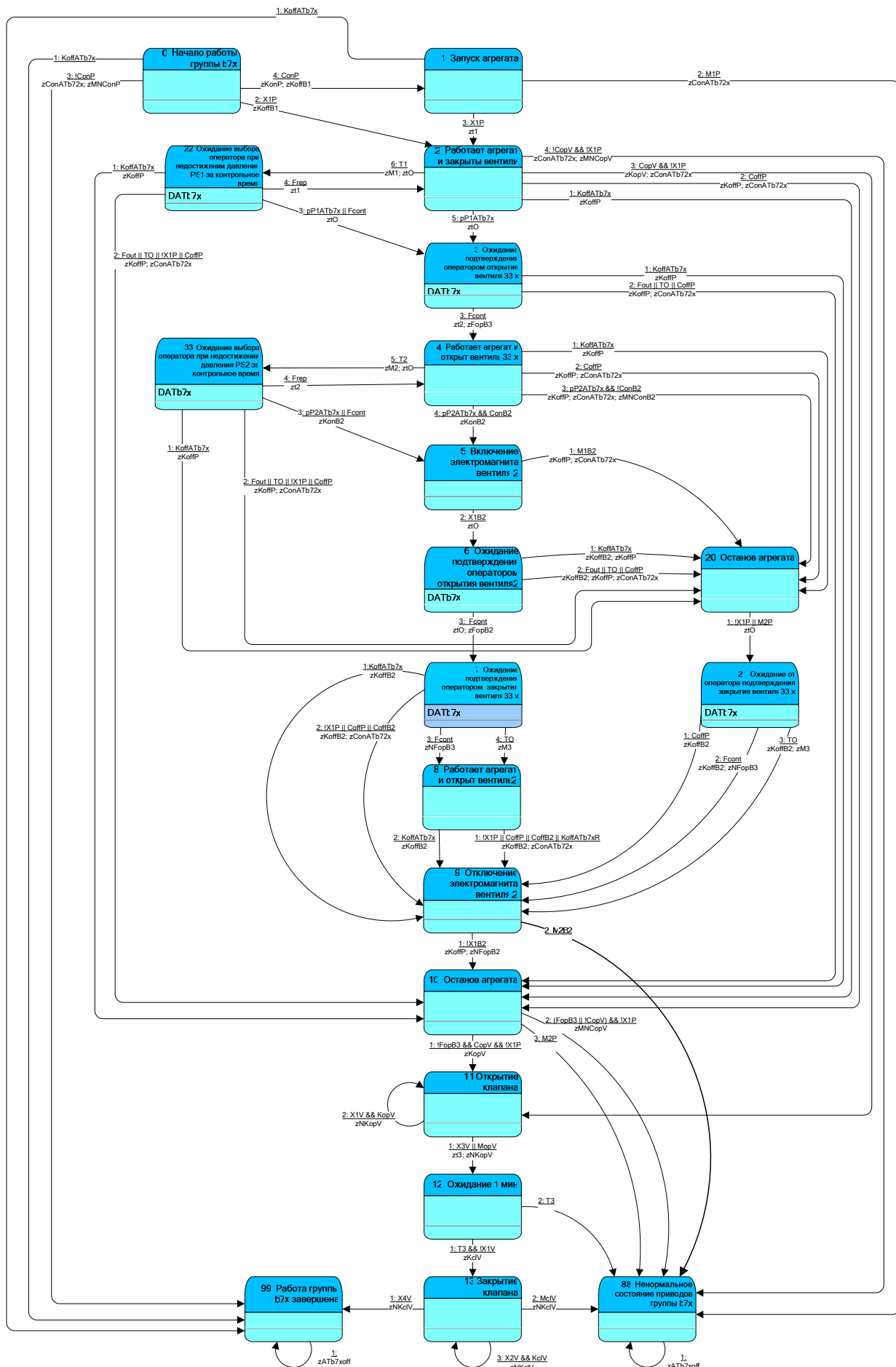


Рис. 39. Граф переходов технологического автомата управления приводами группы b7x (ATb7x)

5.5.5. Автомат управления приводами группы 3х (АТ3х)

Схема связей автомата приведена на рис. 40, а граф переходов – на рис. 41.

| Автомат управления приводами группы 3х (АТ3х) | | | |
|---|-----------|------------|--|
| Выпрямитель включен | X1P1 | DAT3х | Вызываемый диалог автомата управления приводами группы 3х |
| Нагреватель АВП включен | X1P2 | | |
| Затвор 11.х включен на открытие | X1S11 | | |
| Затвор 11.х включен на закрытие | X2S11 | | |
| Затвор 11.х открыт | X3S11 | | |
| Затвор 11.х закрыт | X4S11 | | |
| Затвор 13.х включен на открытие | X1W13 | | |
| Затвор 13.х включен на закрытие | X2W13 | | |
| Затвор 13.х открыт | X3W13 | | |
| Затвор 13.х закрыт | X4W13 | | |
| Затвор 13.х заклинен | X5W13 | zMerrPTW | |
| Привод клапана работает на открытие | X1V | zMerr3839 | |
| Привод клапана работает на закрытие | X2V | | |
| Клапан открыт | X3V | zFlovush | |
| Клапан закрыт | X4V | | |
| Затвор 10 закрыт | X4S100 | zFopS3839 | |
| Давление в ФМ перед АВП агрегата 3.х д.35.х(д.35.1...35.4) меньше либо равно значения уставки PS1 | pP1AT3х | zNFopS3839 | Стирание признака "Подтверждено ручное открытие клапанов 38.х, 39.х" |
| Давление в полости АВП агрегата 3.х д.28.х(д.28.5...28.8) меньше либо равно значения уставки PS3 | pP3AT3х | zM1 | Запись признака "Нет достижения давления PS1 в полости АВП агрегата 3.х за контрольное время" |
| Давление в полости ЭДН агрегата 3.х д.35.х(д.35.5...35.8) меньше либо равно значения уставки PS4 | pP4AT3х | zM2 | Запись признака "Нет достижения давления PS3 в полости АВП агрегата 3.х за контрольное время" |
| Давление в полости ЭДН агрегата 3.х д.28.х(д.28.1...28.4) меньше либо равно значения уставки PS5 | pP5AT3х | zM3 | Запись признака "Нет достижения давления PS4 в полости ЭДН агрегата 3.х за контрольное время" |
| Есть все условия для автоматического включения нагревателя | ConP2 | zM4 | Запись признака "Нет достижения давления PS5 в полости ЭДН агрегата 3.х за контрольное время" |
| Есть все условия для автоматического включения выпрямителя | ConP1 | | Запись признака "Нет необходимых условий для включения выпрямителя" |
| Есть условие для автоматического отключения выпрямителя | CoffP1 | zMNConP1 | Запись признака "Нет необходимых условий для открытия затвора 11.х" |
| Есть все условия для автоматического открытия затвора 11.х | CopS11 | 1 | Запись признака "Нет необходимых условий для открытия затвора 13.х" |
| Есть все условия для автоматического открытия затвора 13.х | CopW13 | zMNCopW1 | |
| Есть все условия для автоматического открытия клапана | CopV | 3 | |
| Команда "Завершить работу группы 3х и перейти на резерв" | KoffAT3хR | zMNCopV | Запись признака "Нет необходимых условий для открытия клапана" |
| Команда "Завершить работу с группы 3х" | KoffAT3х | zAT3xoff | Запись признака "Группа 3х завершила работу" |
| Нет включения выпрямителя за контрольное время | M1P1 | | Запись признака "Необходимость переключения с группы 3х на резерв" |
| Нет отключения выпрямителя за контрольное время | M2P1 | zConAT34х | |
| Нет включения нагревателя АВП контрольное время | M1P2 | | |
| Нет отключения нагревателя АВП за контрольное время | M2P2 | | |
| Нет отключения пускателя затвора 11.х на открытие | M5S11 | zt1 | Зафиксировать время начала контроля достижения давления PS1 в полости АВП агрегата 3.х (запомнить текущее время) |
| Ненормальное открытие затвора 11.х | MopS11 | | Зафиксировать время начала контроля достижения давления PS3 в полости АВП агрегата 3.х (запомнить текущее время) |
| Ненормальное закрытие затвора 11.х | MclS11 | | Зафиксировать время начала контроля достижения давления PS4 в полости ЭДН агрегата 3.х (запомнить текущее время) |
| Нет отключения пускателя затвора 13.х на открытие | M5W13 | zt3 | Зафиксировать время начала контроля достижения давления PS4 в полости ЭДН агрегата 3.х (запомнить текущее время) |
| Ненормальное открытие затвора 13.х | MopV13 | | Зафиксировать время начала контроля достижения давления PS5 в полости ЭДН агрегата 3.х (запомнить текущее время) |
| Ненормальное закрытие затвора 13.х | MclW13 | zt4 | Зафиксировать время начала контроля достижения давления PS5 в полости ЭДН агрегата 3.х (запомнить текущее время) |
| Ненормальное открытие клапана | MopV | | Зафиксировать время начала контроля достижения давления PS5 в полости ЭДН агрегата 3.х (запомнить текущее время) |
| Ненормальное закрытие клапана | MclV | | Зафиксировать время начала контроля достижения давления PS5 в полости ЭДН агрегата 3.х (запомнить текущее время) |
| Оператор выбрал вариант "Продлить ожидание значения давления" или "Повторить команду на открытие(закрытие)" | Frep | zt5 | Зафиксировать время начала отсчета 60 мин. (запомнить текущее время) |
| Оператор выбрал вариант "Продолжить работу при достигнутом значении давления" или "Подтвердить ручное механическое открытие(закрытие)" | Fcont | zt7 | Зафиксировать время начала контроля выбора оператора (запомнить текущее время) |
| Оператор выбрал вариант "Отказаться от использования группы 3х" | Fout | ztO | Запись команды "Включить электронагреватель агрегата 3.х" |
| Нормальное давление воды на входе в ЭДВА и нормальная температура на выходе из ЭДВА | pPTWEDVA | zKonP2 | Запись команды "Отключить электронагреватель агрегата 3.х" |
| Разница между текущим и временем начала контроля больше либо равно уставке TS1 времени достижения давления PS1 в полости АВП агрегата 3.х | T1 | zKonP1 | Запись команды "Включить выпрямитель агрегата 3.х" |
| Разница между текущим и временем начала контроля больше либо равно уставке TS3 времени достижения давления PS3 в полости АВП агрегата 3.х | T3 | zKoffP1 | Запись команды "Отключить выпрямитель агрегата 3.х" |
| Разница между текущим и временем начала контроля больше либо равно уставке TS4 времени достижения давления PS4 в полости ЭДН агрегата 3.х | T4 | zKopS11 | Запись команды "Открыть затвор 11.х" |
| Разница между текущим и временем начала контроля больше либо равно уставке TS5 времени достижения давления PS4 в полости ЭДН агрегата 3.х | T4 | zNKopS11 | Запись команды "Открыть затвор 13.х" |
| Разница между текущим и временем начала контроля больше либо равно уставке TS4 времени достижения давления PS4 в полости ЭДН агрегата 3.х | T4 | zKopW13 | Запись команды "Закрыть затвор 11.х" |
| Разница между текущим и временем начала контроля больше либо равно уставке TS5 времени достижения давления PS5 в полости ЭДН агрегата 3.х | T5 | zNKopW13 | Стирание команды "Закрыть затвор 11.х" |
| Разница между текущим и временем начала контроля больше либо равно уставке TS5 времени достижения давления PS5 в полости ЭДН агрегата 3.х | T5 | zKclS11 | Запись команды "Закрыть затвор 13.х" |
| Разница между текущим и временем начала контроля больше либо равно уставке TS5 времени достижения давления PS5 в полости ЭДН агрегата 3.х | T5 | zNKclS11 | Стирание команды "Закрыть затвор 13.х" |
| Разница между текущим и временем начала контроля больше либо равно уставке TS7 | T7 | zKclW13 | Запись команды "Открыть клапан" |
| Разница между текущим и временем начала контроля больше либо равно уставке TS7 | T7 | zNKclW13 | Стирание команды "Открыть клапан" |
| Разница между текущим и временем начала контроля больше либо равно уставке TSO | TO | zKopV | Запись команды "Открыть клапан" |
| Разница между текущим и временем начала контроля больше либо равно уставке TSO | TO | zNKopV | Стирание команды "Открыть клапан" |
| Разница между текущим и временем начала контроля больше либо равно уставке TSO | TO | zKclV | Запись команды "Закрыть клапан" |
| Разница между текущим и временем начала контроля больше либо равно уставке TSO | TO | zNKclV | Стирание команды "Закрыть клапан" |

Рис. 40. Схема связей автомата управления приводами группы 3х (АТ3х)



5.6. Автоматы управления питанием приборов (приведены неповторяющиеся по виду)

5.6.1. Автомат управления питанием ПВД 35.9...35.14 и 35.19 (ACHx)

Схема связей автомата показана на рис. 42, а граф переходов автомата – на рис. 43.



Рис. 42. Схема связей автомат управления питанием ПВД 35.9...35.14 и 35.19 (ACHx)

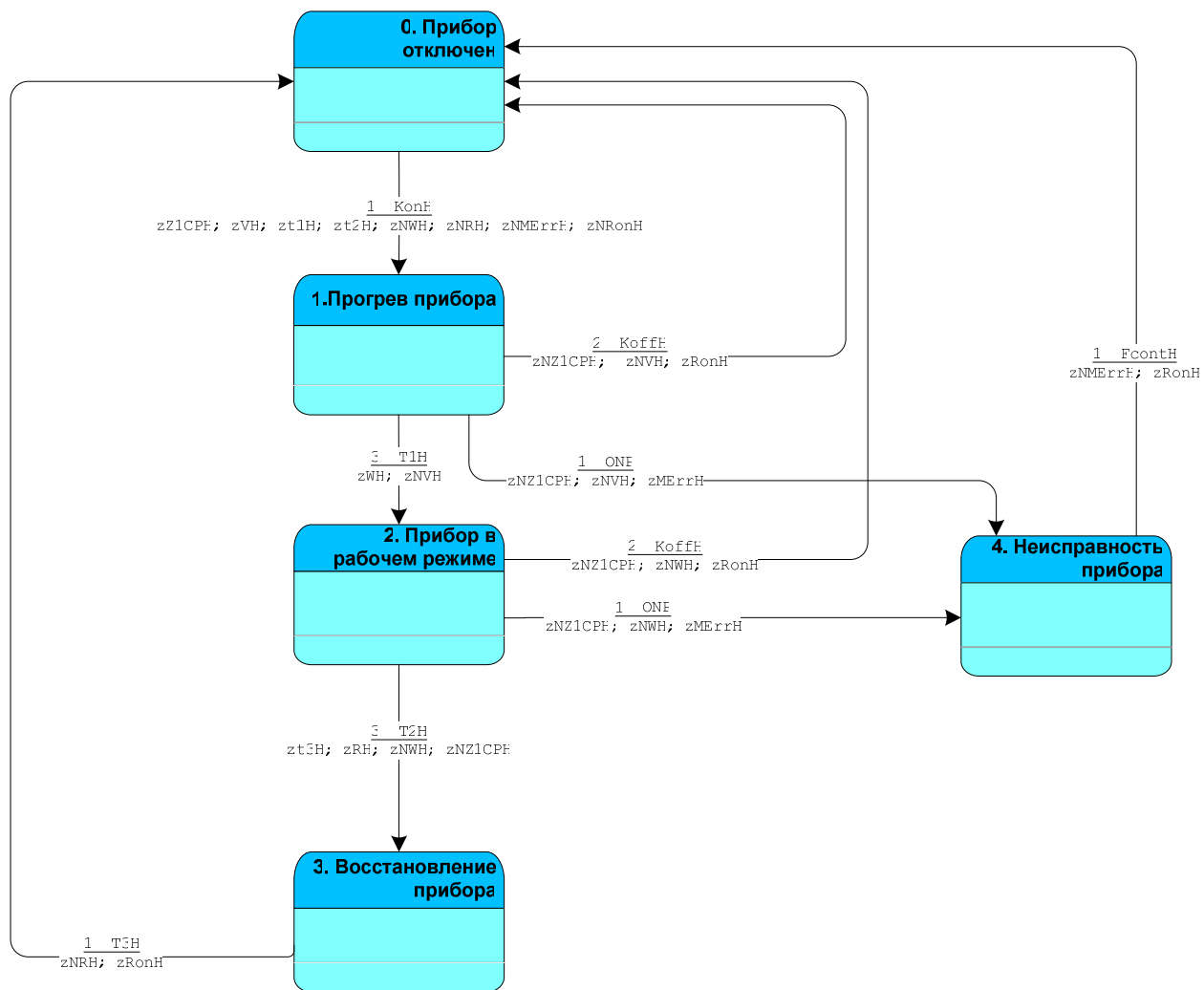


Рис. 43. Граф переходов автомат управления питанием ПВД 35.9...35.14 и 35.19 (АСНх)

5.6.2. Автомат резервирования приборов верхнего диапазона в камере (ARKVUH)

Схема связей автомата показана на рис. 44, а. граф переходов автомата – на рис. 45.

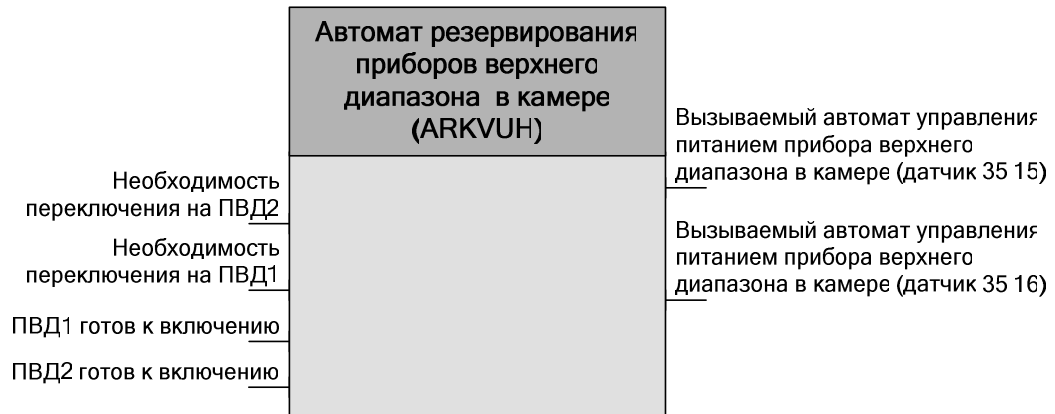


Рис. 44. Схема связей автомата резервирования приборов верхнего диапазона в камере (ARKVUH)

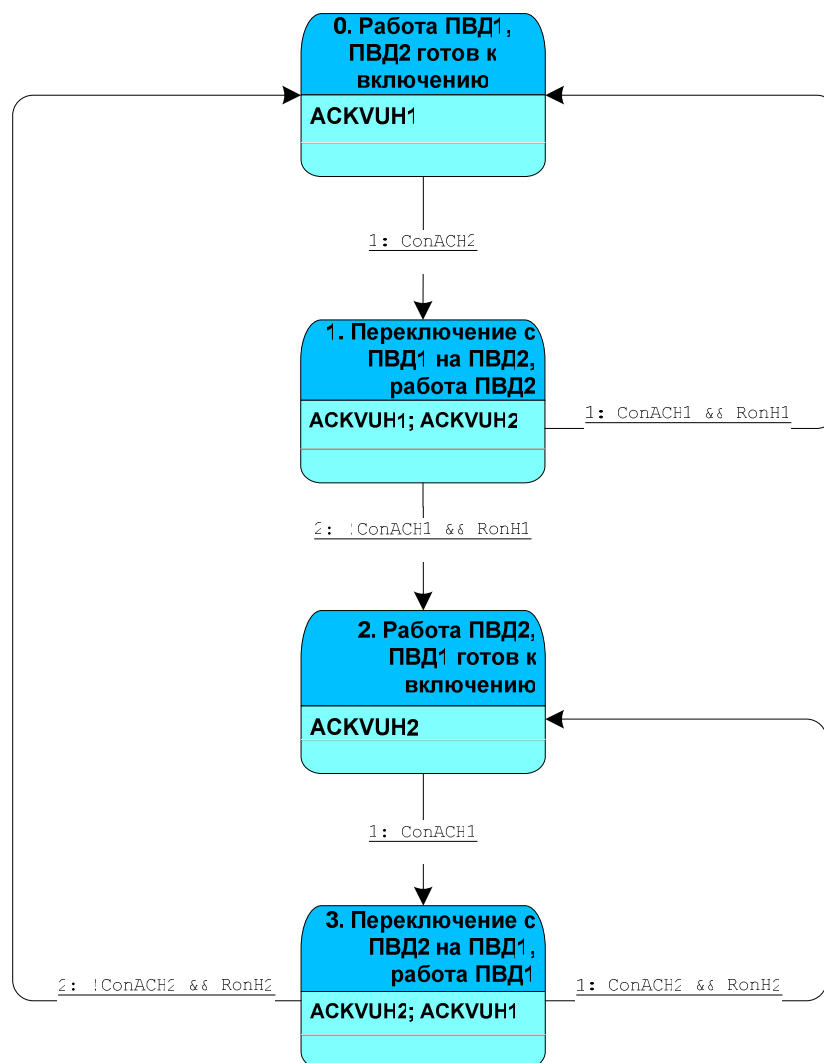


Рис. 45. Граф переходов автомата резервирования приборов верхнего диапазона в камере (ARKVUH)

Количественная характеристика логической части следующая:

- общее число типов автоматов – 40 (сложных – 25);
- среднее число переходов – 47;
- число состояний в сложных автоматах – от 6 до 25 (в среднем – 10);
- общее число автоматов – 107.

Создание автоматов было трудоемким и долгим по времени. Это связано с тем, что это был первый проект, выполненный автором, где автоматный подход использовался осознанно как технология алгоритмизации и программирования. Концепция ее применения совместно с пакетом *LabVIEW* была сформулирована в ходе выполнения этого проекта.

6. Особенности технологических алгоритмов

У тех разработчиков, кто еще не применял автоматный подход или хочет в нем разобраться до применения, а также понять плюсы и минусы этой технологии, наверняка уже возник вопрос: “А что же хорошего в приведенных выше диаграммах? Уж очень они похожи на традиционные схемы алгоритмов и очень похожее нагромождение линий и прямоугольников... Радость-то в чем?”

Еще до описания самого **ЭФФЕКТНОГО** достоинства **SWITCH-технологии®** (об этом в следующем разделе), можно с уверенностью сказать, что **насыщенность графа переходов** (так называется диаграмма или схема алгоритма в **SWITCH-технологии®**) **может быть сколь угодно большой**, а местами гигантской, что практически не влияет на эффективность применения технологии. Необходимо учитывать только визуальное ограничение или размер документа.

Прямоугольников с закругленными углами, которые соответствуют состояниям системы управления, будет ровно столько, сколько **необходимо** логически. И не следует стремиться сразу оптимизировать их количество. Лучше сначала сделать больше, чем потом искать место для вставки. Кстати, именно по этой причине **настоятельно рекомендуется заранее согласовать с Заказчиком все нюансы алгоритма управления**.

Большинство технологических процессов (процессов достижения какого-либо результата) включает в себя большое число последовательных операций. Именно последовательные операции увеличивают размеры диаграмм, так как естественным желанием становится расположение их вертикально в одну линию. Однако, в отличие от изображения схем алгоритма, такая направленность при создании графа переходов не является обязательной.

Структурная схема, иллюстрирующая вложенность технологических автоматов описываемого проекта, изображена на рис. 46.

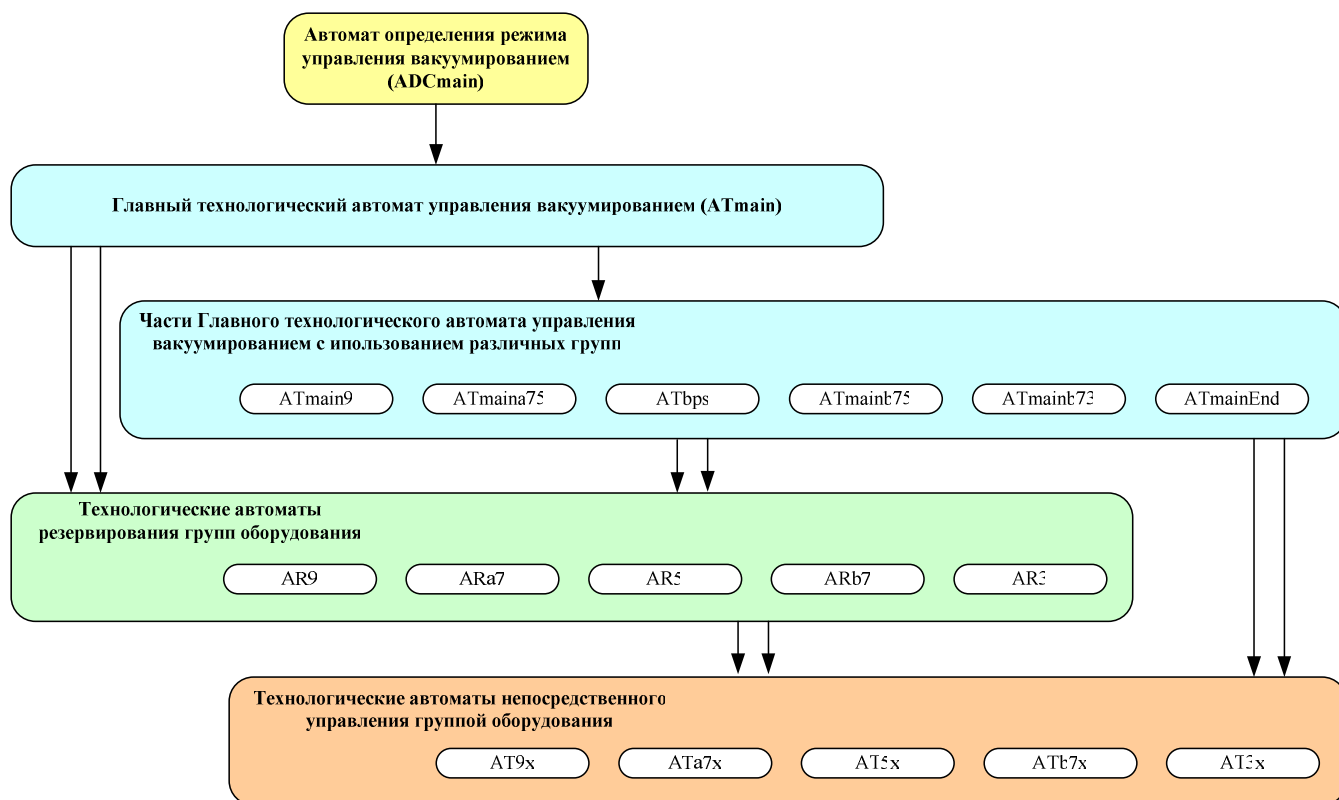


Рис. 46. Структурная схема, иллюстрирующая вложенность технологических автоматов

Как следует из этой схемы, по существу, все технологические автоматы – это части одного большого автомата. Структура выглядит столь причудливо по причине параллельной работы групп оборудования (в пределах группы в основном все составляющие работают последовательно) и возможного резервирования. Стрелками обозначены вызовы автоматов. Разное количество стрелок означает следующее. Например, главный автомат получился бы слишком большим, и поэтому он разбит на части, которые не вызываются одновременно, что отображается одной стрелкой. С другой стороны, каждая часть главного автомата вызывает одновременно несколько автоматов резервирования (которые, в свою очередь, могут вызывать несколько автоматов непосредственного управления группой), и поэтому применяются две стрелки.

Возвратимся к вопросу о насыщенности графа переходов. “Состояние” самодостаточно, и поэтому отсутствует необходимость “вспоминать” всю цепочку прошедших событий, которые «привели» в это состояние. В состоянии ожидается только то ограниченное число событий, которые могут произойти в нем. Таким образом, нет необходимости “видеть” полностью весь алгоритм, достаточно знать только текущее состояние и те состояния, в которые возможны переходы.

Остановимся на особенностях структуры графов переходов технологических автоматов (рис. 47), в которых могут быть выделены следующие блоки:

- нормальный ход процесса (1);
- состояния ненормальной работы оборудования (2). Ненормальная работа также является прямой или косвенной причиной не достижения заданных значений параметров за контрольный временной интервал;
- конечные состояния. Они предназначены для “обобщенной” сигнализации о нормальном или ненормальном завершении процесса управления (3).

7. Реализация логики управления

“Ну и что? Созданы алгоритмы, пускай компактные, пускай якобы понятные и легко анализируемые. Теперь их необходимо реализовать – создать программу. А это уже другой уровень и может быть даже другие люди? И, в конце концов, – ведь мы используем *LabVIEW* – графическое программирование, где не очень удобно реализовывать сложную логику! Где же обещанная эффективность?” – могут спросить у автора.

Маленькая история по созданию логической части программы.

Летом 2003 года (в самый разгар работы), из группы АСУ ушел один из двух специалистов, занимавшихся разработкой алгоритмов (автор статьи был вторым специалистом и руководителем программной части всего проекта). На его место пришел молодой человек, только что окончивший институт. Выяснилось, что он если и программировал что-то в своей жизни, то только в институте для сдачи зачетов, явно не фанат этого дела и больше тяготеет к схемотехнике. Более того, новый сотрудник ничего не знал о *LabVIEW*... Пара дней ушло на ознакомление с проектом. После этого автор статьи предложил ему заняться программированием (благо к этому времени практически все алгоритмы были готовы и не терпелось посмотреть, что получится, когда они будут реализованы программно).

Так вот этот молодой человек **ЗА ОДНУ РАБОЧУЮ НЕДЕЛЮ** (пять дней) **освоил *LabVIEW*** (пускай поверхностно, и только те моменты, которые были необходимы) и **запрограммировал ВСЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АВТОМАТЫ и АВТОМАТЫ УПРАВЛЕНИЯ ПИТАНИЕМ ПРИБОРОВ (25 автоматов) – практически всю логику проекта.**

Как же это? Почему так просто?

Повторимся: при использовании предлагаемого подхода **вся сложность заключается только в СОЗДАНИИ АЛГОРИТМОВ, а ПРОГРАММИРОВАНИЕ ЛОГИКИ – ПРОЦЕСС РУТИННЫЙ, требующий от исполнителя лишь ВНИМАТЕЛЬНОСТИ и УСЕРДИЯ.** Строя автоматы, Вы по существу создаете программу.

Приведем основные достоинства SWITCH-технологии и *LabVIEW*, позволяющие быстро программировать логику алгоритмов.

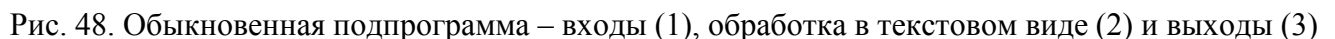
1. Графы переходов реализуются с использованием синтаксиса языка *Cu*. Поэтому они будут понятны не только любому программисту, но, так как имеются схемы связей и графы переходов, и другим специалистам.
2. Начиная с версии 6.0, в пакете *LabVIEW* появилась поддержка всех логических конструкций подобных языку *Cu* в усовершенствованной функции *Formula Node*.
3. При программировании логики применялся **конвертор графа переходов**, изображенного с помощью пакета *Visio*, **в текстовый код программы** (кстати, **конвертор также был создан на *LabVIEW***). Такая возможность существует именно благодаря абсолютно формальному переходу от графа переходов к коду.
4. Так как программирование логики не требует никакого участия человека (требуется только запустить конвертор и скопировать полученный код в *LabVIEW*), то самым “сложным” становятся системо-языко-зависимые вещи: создать (объявить) необходимые глобальные и локальные переменные, корректно передать значения параметров в подпрограмму автомата и корректно реализовать выходные воздействия из автомата.

Возникает вопрос по пункту 4: «Ну, хотя бы здесь требуются знания и умения квалифицированного программиста?» Требуется, **но только для создания шаблона или примера** (в крайнем случае, потом можно немного доработать практически готовую программу).

А почему автор статьи не мог сделать все сам? Да конечно мог! Но я остался один, а хватало других проблем (об одной из них ниже). Хотелось рутинную работу сбросить на кого-нибудь, тем более что вся подготовка была уже проведена (созданы и опробованы примерные вызовы автоматов). Да и потом, дело было новое, необычное для всех, особенно для начальства, и даже для автора методики, ведь до этого хотя и был опыт применения автоматов в *LabVIEW*, но не так всеобъемлюще. Хотелось показать, что выбран не просто некий метод алгоритмизации, но

Для примера выбран один из сложных автоматов (*АТ5х* – автомат управления приводами группы 5х, рис. 36, 37) и попроще (*АСНх* – один из автоматов управления питанием приборов, рис. 42, 43). Впрочем, можно было выбрать ЛЮБОЙ автомат – с точки зрения программной реализации ВСЕ АВТОМАТЫ ИДЕНТИЧНЫ.

Подпрограмма, реализующая этот автомат, приведена на рис. 48.



7.2. Подпрограмма автомата АСНх

Эта подпрограмма имеет ту же структуру, что рассмотренная в предыдущем разделе (рис. 49).

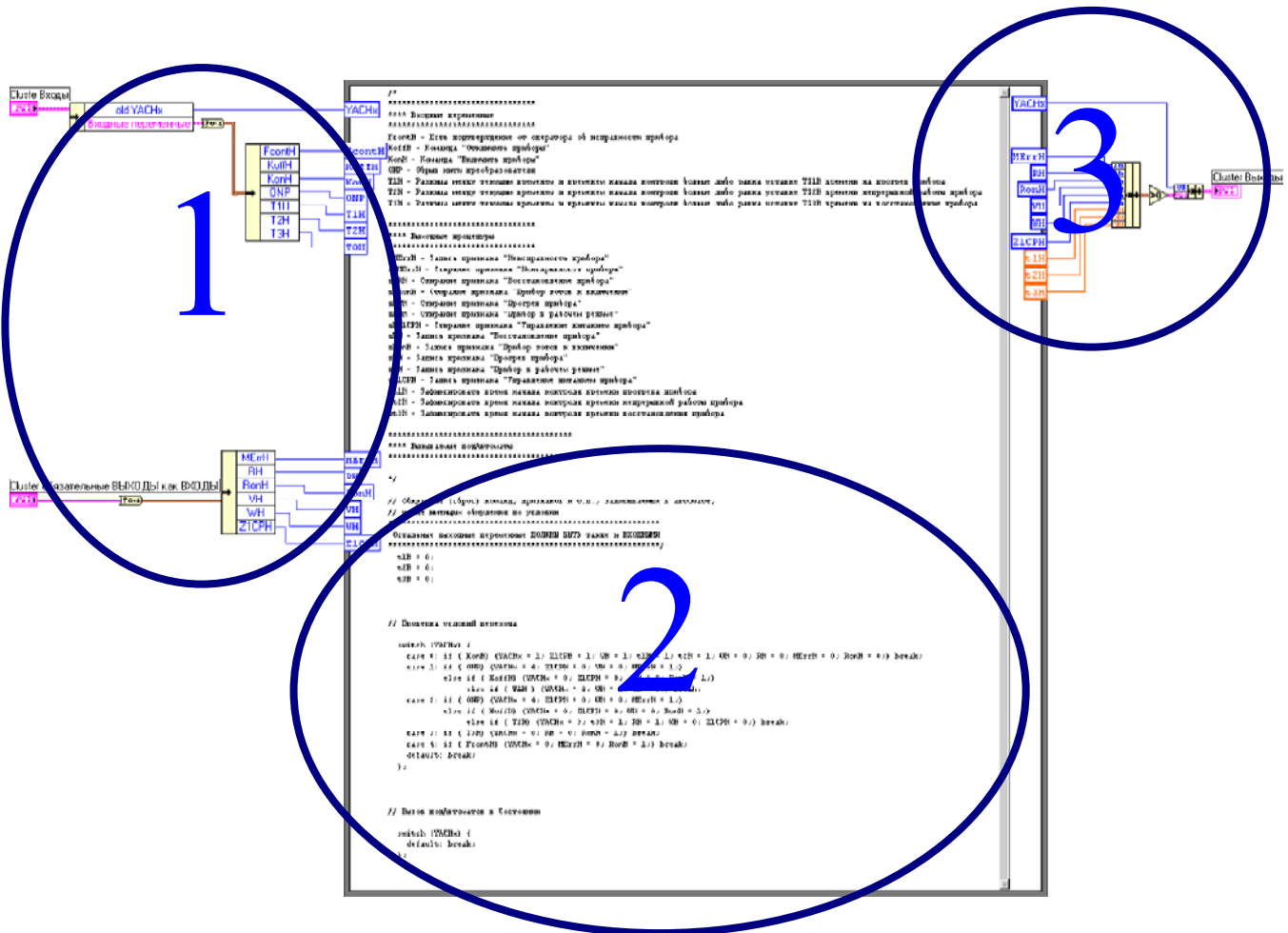


Рис. 49. Подпрограмма автомата АСНх

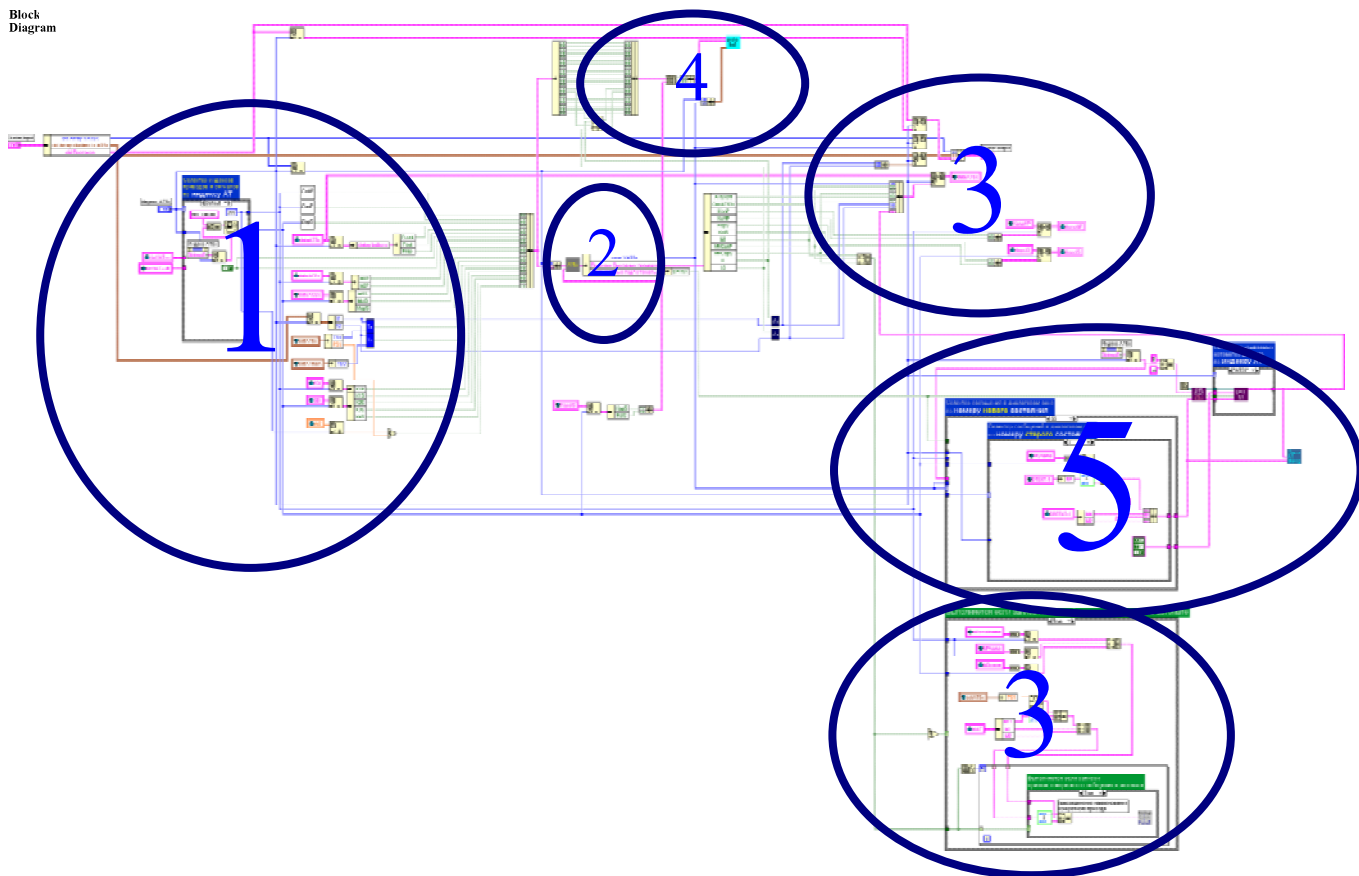
7.3. Вызов подпрограмм

К сожалению, функция *Formula Node* ограничена поддержкой лишь вычислительных и логических конструкций. Например, невозможно обращаться непосредственно к глобальным переменным. Поэтому вместо непосредственных операций над некоторыми выходными параметрами пришлось ввести “признаки выполнения процедур над ним”. По этим признакам уже стандартными средствами *LabVIEW* (функциональными блоками) производится соответствующая операция. Функция *Formula Node* также не поддерживает вызов подпрограмм и поэтому невозможно “встроить” в тело автомата функцию протоколирования.

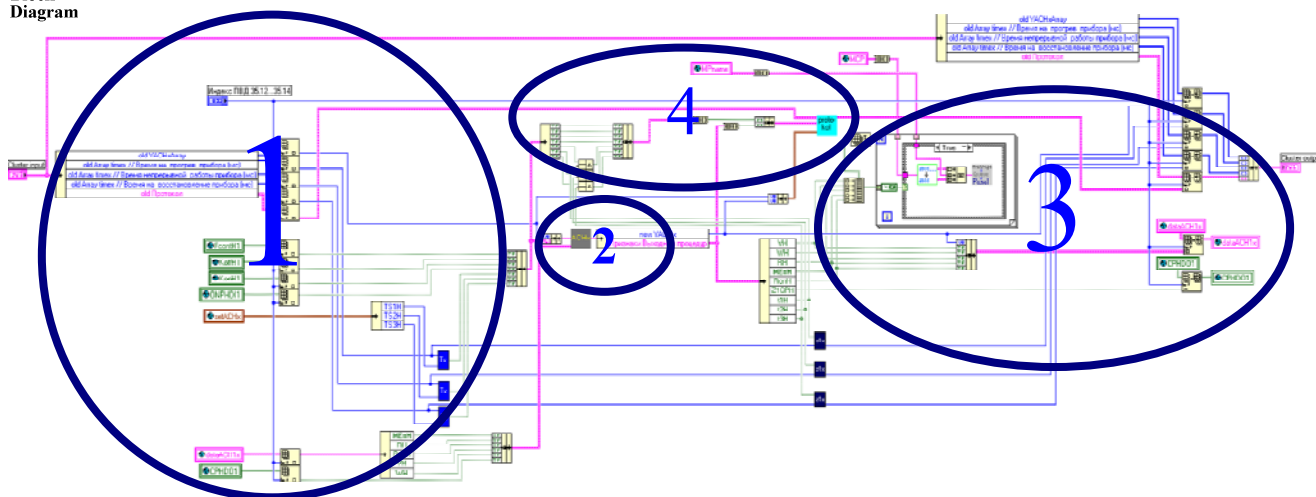
Все, что нельзя сделать с помощью функции *Formula Node*, реализуется в подпрограмме вызова автомата.

Подпрограмма вызова автомата *Call AT5x* имеет следующие “блоки” (рис. 50):

- формирование входных параметров для подпрограммы автомата (1);
- вызов подпрограммы автомата (2);
- процедуры формирования значений выходных данных (параметров) автомата (3);
- поддержка протоколирования работы автомата (4);
- если необходимо, поддержка вызова диалогового окна (5).

Рис. 50. Подпрограмма вызова автомата *AT5x*

Аналогична по своей структуре (рис. 51) подпрограмма вызова автомата *Call ACHx* (только без блока вызова диалогового окна).

Рис. 51. Подпрограмма вызова автомата *ACHx*

Кто-то скажет: “Кто же так делает – код программы не виден полностью и занимает несколько экранов”. Ответ – структурные блоки не связаны между собой логически. Отдельные блоки практически всегда помещаются на экране монитора. Создавайте их поодиночке (особо щепетильные могут создать отдельные подпрограммы), а потом соединяйте. Используемые

внутри блоков (например, при формировании входных/выходных данных автомата) логические операции – простейшие.

А вообще, эти минусы графического программирования следует адресовать *LabVIEW*, а не предлагаемой технологии программирования.

8. Особенности реализации диалога с оператором

Проблема здесь, как ни странно, порождена применяемой технологией.

“Работа” любого автомата описывается следующей последовательностью – “вызвали – проверили условие – если условие выполнено, произвели некое действие и перешли при необходимости в новое состояние – вышли (невзирая на то, было условие выполнено или нет)”. Другими словами, программа не зациклена логически (можно сказать – это запрещается).

А что такое диалог с оператором, вернее – как он реализован? Любое (в частности, стандартное в *LabVIEW*) диалоговое окно как бы останавливает работу вызвавшей его подпрограммы, ожидая ответа оператора. Следовательно, вызов окна, реализованного таким образом, в автомате недопустим.

Выход здесь один – диалоговое окно должно “соответствовать” автомату. Работа такого окна в *LabVIEW* описывается аналогично – “вызвали VI, открыли Front Panel, если оператор еще не ответил – проверили, ответил ли оператор – если ответил, сформировали код ответа и закрыли Front Panel – вышли (невзирая на то, ответил оператор или нет)”.

Таким образом, теоретически на экране может быть неограниченное количество “ожидających” ответа оператора диалоговых окон (в данном проекте максимально было девять окон). Естественно, необходимо предусмотреть статичное или автоматическое размещение их на экране, а также динамичное изменение текста и количества кнопок (исходя из текущей ситуации). Примеры приведены на рис. 52 – 54.

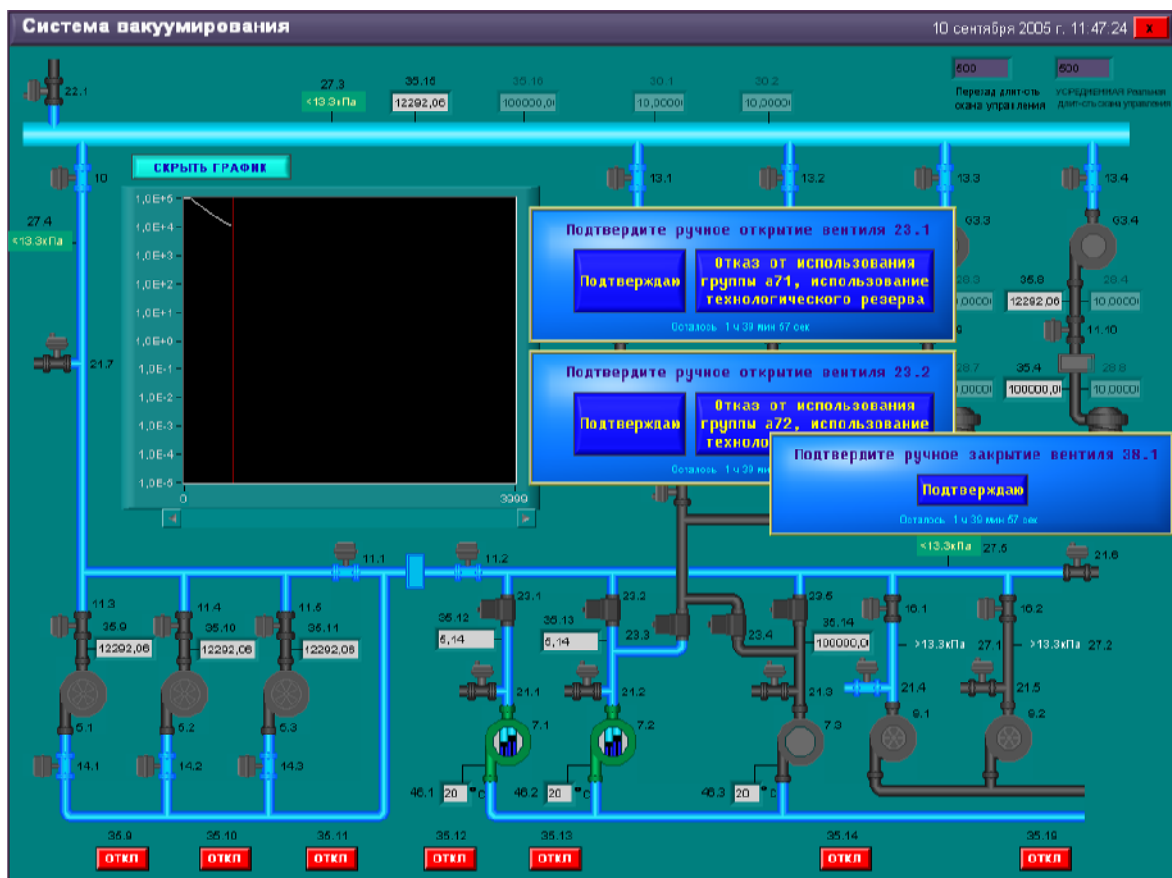


Рис. 52. Пример экрана

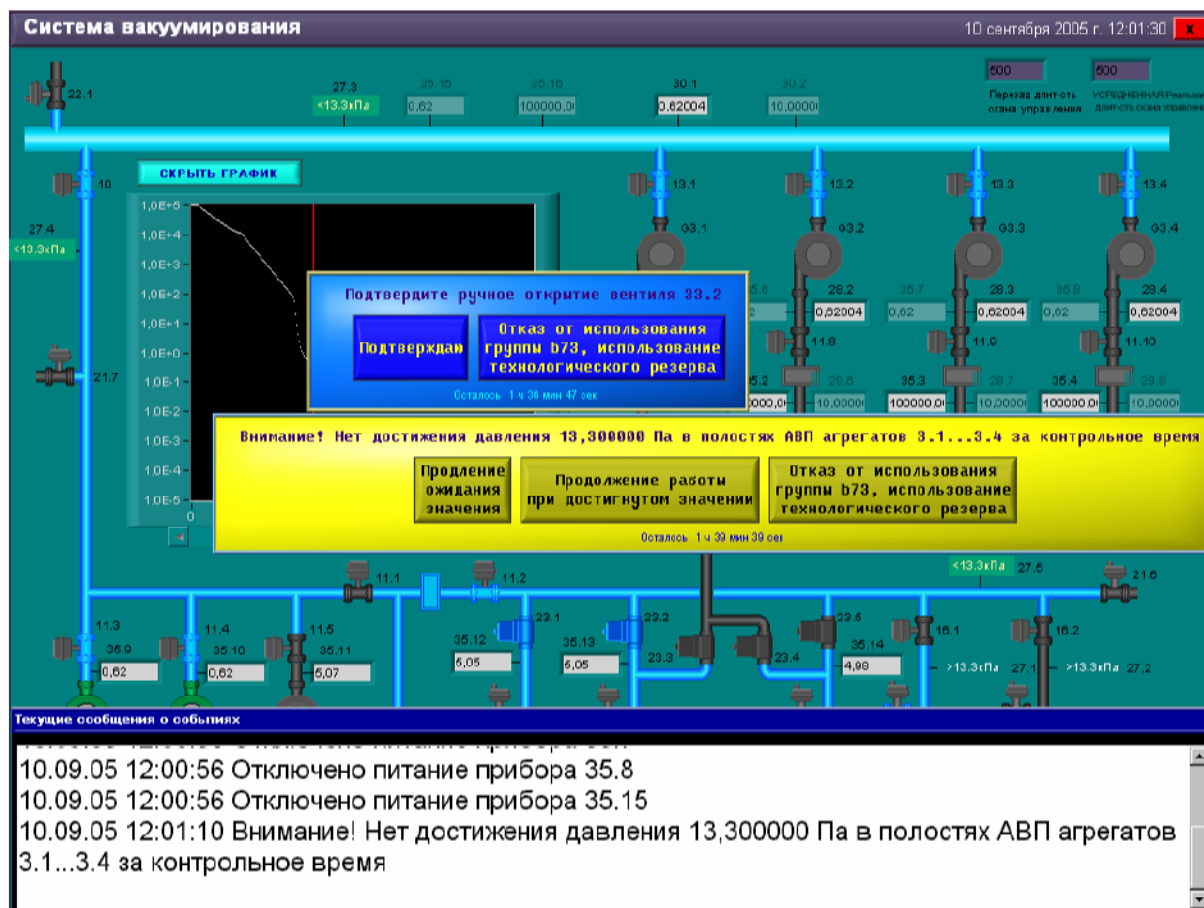


Рис. 53. Пример экрана

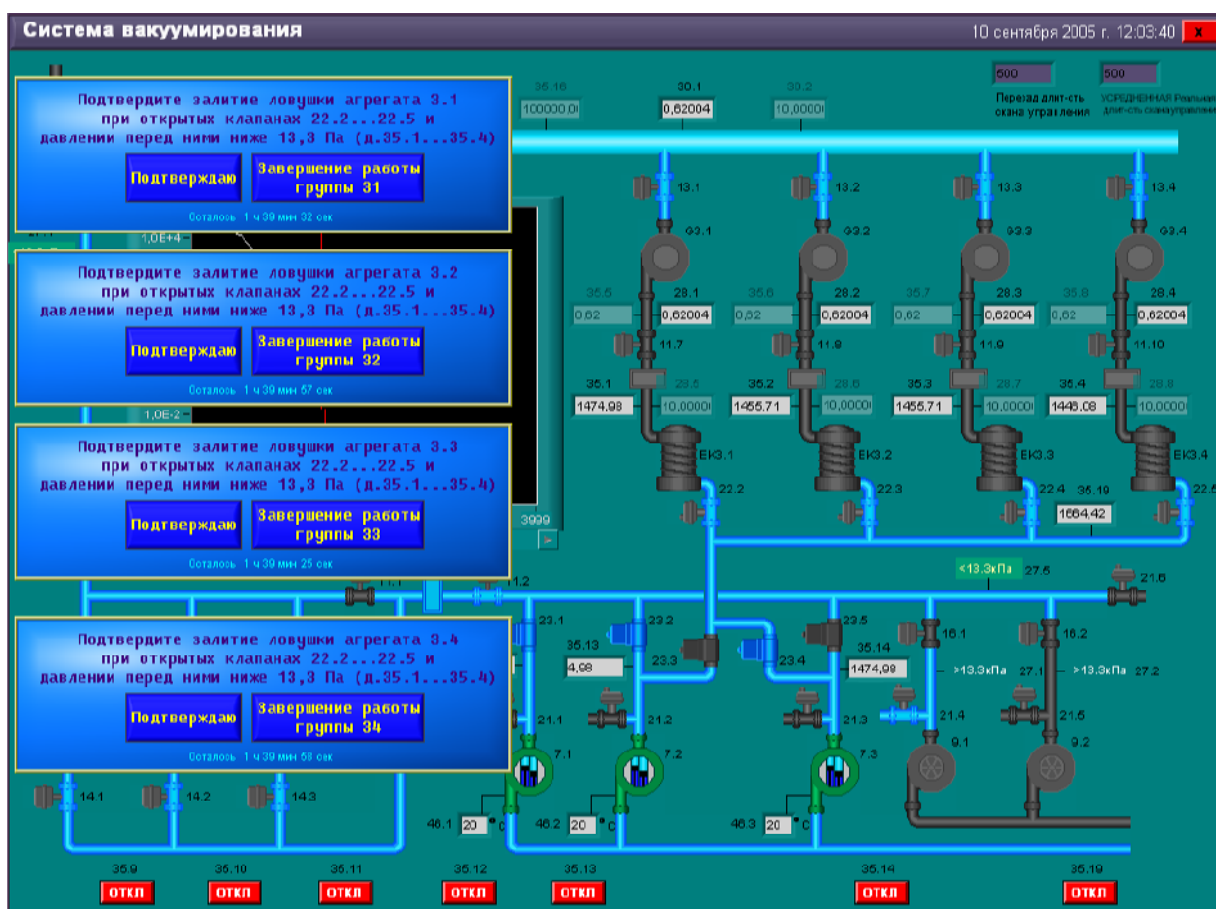


Рис. 54. Пример экрана

9. Тестирование

Тестирование, или проверка функциональности, пожалуй, одна из самых “неприятных” с психологической точки зрения процедур. Самое интересное, что вроде бы ничего сложного в ней нет – создавай условие и наблюдай за реакцией системы управления.

Если бы не несколько **НО...**

Технологический процесс динамичен, поэтому система управления должна своевременно реагировать на отклонение от нормального хода процесса. В свою очередь, система должна среагировать не только своевременно, но и быстро. И тестирование должно быть соответствующим, а именно – при динамически изменяющейся реакции объекта управления.

Одна не столь оригинальная мысль – если есть возможность создать и реализовать корректную имитацию реакции объекта управления и модель процессов, то необходимо это сделать. Причем имитировать следует не только нормальную реакцию, а и всевозможные отклонения от нормального хода работы оборудования. Программные имитаторы работы оборудования создаются на тех же принципах **SWITCH-технологии®**, что и управляющие автоматы.

Все это даст в итоге объективную картину процесса управления **при условии правильного протоколирования работы программы**. Имеется в виду фиксация каждого шага (этапа) программы, в частности, приводящего к изменению управляющих воздействий, выдаваемых на объект управления. **SWITCH-технология® предоставляет такую возможность без ограничений. Функция протоколирования без проблем встраивается в тело автомата, а протокол работы автоматов может иметь произвольный формат.**

В рассматриваемом проекте был выбран самый простой компактный формат.

Примеры протоколов работы автоматов после 24-часового испытания криогенно-вакуумной установки приведены ниже.

Протокол работы автомата *ATb72*

| | | | |
|-------------------------|----|--------------------------------|------------------------|
| 2005/04/04 15:45:53,097 | 2 | 010101000000000001110101000100 | 0000001000000000000000 |
| 2005/04/04 15:45:54,524 | 22 | 010101000000000001110001000100 | 00000000001000000001 |
| 2005/04/04 15:45:55,190 | 22 | 010101000000000001110001000100 | 00000000000000000000 |
| 2005/04/04 15:45:55,242 | 3 | 010101000000000001110001000110 | 00000000000000000001 |
| 2005/04/04 15:45:56,672 | 3 | 010101000000000001110001000110 | 00000000000000000000 |
| 2005/04/04 15:46:30,069 | 4 | 010101100000000001110001000110 | 000100000000000000100 |
| 2005/04/04 15:46:31,505 | 4 | 010101000000000001010001000110 | 000100000000000000000 |
| 2005/04/04 15:46:33,522 | 5 | 010101000000000001010001000111 | 000100001000000000000 |
| 2005/04/04 15:46:33,668 | 6 | 010101000000000001010011000111 | 000100000000000000001 |
| 2005/04/04 15:46:34,505 | 6 | 010101000000000001010011000111 | 000100000000000000000 |
| 2005/04/04 15:47:30,521 | 7 | 010101100000000001010011000101 | 0011000000000000000001 |
| 2005/04/04 15:47:30,699 | 7 | 010101000000000001010011000101 | 001100000000000000000 |
| 2005/04/04 15:48:00,057 | 8 | 010101100000000001010011000101 | 001000000000000000000 |
| 2005/04/05 12:20:44,080 | 9 | 010100000100000001111011000111 | 001000010000000000000 |
| 2005/04/05 12:20:45,523 | 10 | 010100000100000001111001000111 | 000000000010000000000 |
| 2005/04/05 12:20:45,703 | 11 | 100110000100000001111000000111 | 000010000000000000000 |
| 2005/04/05 12:20:46,514 | 12 | 101010000100000001111000001001 | 000000000000000000010 |
| 2005/04/05 12:20:46,826 | 12 | 101010000100000001101000001001 | 000000000000000000000 |
| 2005/04/05 12:21:47,506 | 13 | 101010000100000001111000001001 | 000001000000000000000 |
| 2005/04/05 12:21:47,974 | 99 | 100110000100000001111000000101 | 000000000000000000000 |
| 2005/04/05 12:21:48,506 | 99 | 100110000100000001111000000101 | 100000000000000000000 |

Дата, время (до мс)

Номер
нового
состояния

Значения входных данных

Значения признаков выполнения
процедур над выходными данными

Протокол работы автомата *АСУх* клапана 22.5 агрегата 3.4

| | | | |
|-------------------------|-----|----------|------------------|
| 2005/04/04 14:04:16,598 | 0 | 00000001 | 0000000000000000 |
| 2005/04/04 14:04:16,796 | 1 | 00000001 | 0000000000000000 |
| 2005/04/04 15:49:45,177 | 101 | 01110001 | 00000000001010 |
| 2005/04/04 15:49:46,571 | 103 | 00011000 | 00000000000001 |
| 2005/04/04 15:49:47,514 | 105 | 00000010 | 000000000000010 |
| 2005/04/04 15:49:47,710 | 2 | 00000010 | 000000000000000 |
| 2005/04/05 12:19:21,533 | 102 | 10110010 | 00000000000110 |
| 2005/04/05 12:19:21,771 | 104 | 00010100 | 000000000000001 |
| 2005/04/05 12:19:22,543 | 106 | 00000001 | 000000000000010 |
| 2005/04/05 12:19:22,613 | 1 | 00000001 | 000000000000000 |

ПРИЛОЖЕНИЕ. Фрагмент документа “Техническое задание на разработку проектной документации. Требования к функциям АСУ”

8. Режимы управления технологическим оборудованием

Управление оборудованием при дистанционном режиме осуществляется средствами АСУ. При этом оператор использует автоматизированное рабочее место (АРМ), выполненный с применением средств ввода-вывода, применяемых для персональных компьютеров.

Дистанционный режим управления обеспечивает работу технологического оборудования системы вакуумирования при вакуумной откачке камеры криогенно-вакуумной установки (КВУ) до рабочего давления, поддержание этого давления во время испытаний, а также наполнение камеры атмосферным воздухом.

При дистанционном управлении предусматриваются два режима:

- автоматический;
- ручной.

В режиме автоматического управления реализуется заданный технологический алгоритм процесса вакуумирования, поддержания вакуума во время испытаний, а также наполнения камеры атмосферным воздухом.

В режиме ручного дистанционного управления автоматически предотвращаются ошибочные действия оператора и автоматически выполняются необходимые элементарные действия. В целом любой требуемый процесс реализуется управляющими командами оператора в соответствии с технологической инструкцией Заказчика.

9. Некоторые принципы реализации функций управления в особых ситуациях

9.1. Если параметр (например, температура или давление охлаждающей воды), характеризующий или определяющий состояние основного насоса, агрегата, достиг значения, которое вызывает предупредительную сигнализацию, запрещается автоматический (или ручной) запуск насоса, агрегата. При этом в автоматическом режиме вместо основного запускается резервный насос, агрегат.

9.2. Если параметр (например, температура или давление охлаждающей воды), характеризующий или определяющий состояние насоса, агрегата, достиг значения, которое вызывает аварийную сигнализацию, осуществляется автоматический останов работающего насоса, агрегата. При этом в автоматическом режиме запускается резервный насос, агрегат.

9.3. Условиями автоматического использования технологического резерва являются:

- незапуск насоса, агрегата, невключение нагревателя и т.п. по команде АСУ;
- отключение по внешним причинам насоса, агрегата, нагревателя и т.п.

9.4. Если использование технологического резерва не единственное решение, например, затвор по команде АСУ не открылся полностью, порядок действий АСУ следующий:

- выводится диалоговое окно с тремя вариантами дальнейшей работы (“Повторение команды на открытие”, “Ручное механическое открытие затвора с подтверждением” (в этом случае процесс продолжится без использования технологического резерва), “Использование технологического резерва”);
- если в течении определенного времени оператор не выбрал вариант, система автоматически выполняет последний вариант.

9.5. Если использование технологического резерва не единственное решение, например, давление не достигло определенного значения за заданный промежуток времени, порядок действий АСУ следующий:

- выводится диалоговое окно с тремя вариантами дальнейшей работы (“Продление ожидания значения” (предполагается повторение периода ожидания), “Продолжение работы при достигнутом значении”, “Использование технологического резерва”);
- если в течении определенного времени оператор не выбрал вариант, система автоматически выполняет последний вариант.

9.6. Если технологический резерв отсутствует и при невыполнении операции прекращение автоматического управления не единственное решение, например, затвор 10 по команде АСУ не открылся полностью, порядок действий АСУ следующий:

- выводится диалоговое окно с тремя вариантами дальнейшей работы (“Повторение команды на открытие”, “Ручное механическое открытие затвора с подтверждением” (в этом случае процесс продолжится), “Переход на ручной дистанционный режим управления”);
- если в течении определенного времени оператор не выбрал вариант, система автоматически выполняет последний вариант.

9.7. Если технологический резерв исчерпан и прекращение автоматического управления не единственное решение, порядок действий АСУ следующий:

- выводится диалоговое окно с двумя вариантами дальнейшей работы (“Автоматическое завершение работы системы вакуумирования”, “Переход на ручной дистанционный режим управления”);
- если в течении определенного времени оператор не выбрал вариант, система автоматически выполняет последний вариант.

10. Технологический алгоритм автоматического режима управления

10.1. Вакуумная откачка камеры.

10.1.1. Подготовка к откачке камеры и пуск системы вакуумирования.

После нажатия виртуальной кнопки “Подготовка к откачке камеры” АСУ проверяет готовность системы вакуумирования к пуску. Условия готовности:

- избиратель режима управления “Местный–Дистанционный” в положении “Дистанционный”;
- все приводы отключены;
- затворы, вентили, клапаны закрыты.

При неготовности открытые затворы и клапаны автоматически закрываются.

Далее по тексту указываются сокращенные наименования и позиционные обозначения оборудования по функциональным схемам 69230-6 и 69230-7.

Оператор в диалоговом окне должен подтвердить закрытое положение вентиля 39.5 и открытое положение вентилей подачи и слива воды к насосам поз. 7.1...7.3 и 5.1...5.3 (вентили поз. 37.1...37.6 и 36.1...36.6), или отказаться от пуска системы вакуумирования. По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

При полной готовности системы вакуумирования к пуску становится доступной виртуальная кнопка “Пуск системы вакуумирования”. После нажатия кнопки “Пуск системы вакуумирования” оператор должен подтвердить открытие вентиля поз. 39.5 подачи воды в систему водоснабжения или отказаться от пуска системы вакуумирования. По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

10.1.2. Работа системы вакуумирования.

10.1.2.1. Откачка с использованием группы оборудования 91 (здесь и далее по тексту указываются принятые в этом документе условные обозначения групп оборудования и определяется их состав с указанием упрощенных наименований и позиционных обозначений по функциональным схемам 69230-6 и 69230-7) – насос 9.1, затвор 16.1, клапан 21.4, ручной вентиль 38.1.

Группа 92 – насос 9.2, затвор 16.2, клапан 21.5, ручной вентиль 38.2 – находится в резерве, порядок работы аналогичен группе 91.

1) Оператор должен подтвердить открытие ручного вентиля 38.1 подачи воды или отказаться от использования группы 91. По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант. При отказе от использования оборудования группы 91 производится пуск группы 92.

2) При нормальных значениях температуры и давления охлаждающей воды включается насос 9.1. При ненормальных значениях температуры и давления охлаждающей воды или невключении насоса 9.1 производится пуск группы 92 и завершение работы группы 91.

3) Если по истечении времени контроля достижения давления перед насосом 9.1 (датчик 27.1) давление больше $1,33 \cdot 10^4$ Па, оператор должен выбрать один из трех вариантов дальнейшей работы:

- продлить ожидание значения;
- продолжить работу при достигнутом значении;
- отказаться от использования группы 91, при этом производится пуск группы 92 и завершение работы группы 91.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

4) При достижении давления перед насосом 9.1 (датчик 27.1) $1,33 \cdot 10^4$ Па открывается затвор 16.1.

При ненормальной работе затвора 16.1 на открытие оператор должен выбрать один из трех вариантов дальнейшей работы:

- повторить команду на открытие;
- подтвердить ручное механическое открытие затвора и продолжить работу;
- отказаться от использования группы 91, при этом производится пуск группы 92 и завершение работы группы 91.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

10.1.2.2. Если по истечении времени контроля достижения давления в коллекторе Ду250 (датчик 27.5) давление больше $1,33 \cdot 10^4$ Па, оператор должен выбрать один из трех вариантов дальнейшей работы:

- продлить ожидание значения;
- продолжить работу при достигнутом значении;
- отказаться от использования группы 91, при этом производится пуск группы 92 и завершение работы группы 91.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

10.1.2.3. При достижении давления в коллекторе Ду250 (датчик 27.5) $1,33 \cdot 10^4$ Па открываются затворы 11.1, 11.2, 14.1...14.3. При ненормальной работе приводов затворов 11.1, 11.2, 14.1...14.3 на открытие оператор должен выбрать один из трех вариантов дальнейшей работы:

- повторить команду на открытие;
- подтвердить ручное механическое открытие затвора и продолжить работу;
- прервать работу системы вакуумирования в автоматическом режиме.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант. При выборе последнего варианта оператор должен выбрать один из двух вариантов дальнейшей работы:

- автоматическое завершение работы системы вакуумирования;
- автоматический переход на ручной дистанционный режим управления.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

10.1.2.4. Если по истечении времени контроля достижения давления в коллекторе Ду400 (датчик 27.4) давление больше $1,33 \cdot 10^4$ Па, оператор должен выбрать один из трех вариантов дальнейшей работы:

- продлить ожидание значения;
- продолжить работу при достигнутом значении;
- отказаться от использования группы 91, при этом производится пуск группы 92 и завершение работы группы 91.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

10.1.2.5. При достижении давления в коллекторе Ду400 (датчик 27.4) $1,33 \cdot 10^4$ Па открывается затвор 10. При ненормальной работе затвора 10 на открытие оператор должен выбрать один из трех вариантов дальнейшей работы:

- повторить команду на открытие;
- подтвердить ручное механическое открытие затвора и продолжить работу;
- прервать работу системы вакуумирования в автоматическом режиме.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант. При выборе последнего варианта оператор должен выбрать один из двух вариантов дальнейшей работы:

- автоматическое завершение работы системы вакуумирования;
- автоматический переход на ручной дистанционный режим управления.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

10.1.2.6. Если по истечении времени контроля достижения давления в камере (датчик 27.3) давление больше $1,33 \cdot 10^4$ Па оператор должен выбрать один из трех вариантов дальнейшей работы:

- продлить ожидание значения;
- продолжить работу при достигнутом значении;
- отказаться от использования группы 91, при этом производится пуск группы 92 и завершение работы группы 91.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

10.1.2.7. При достижении давления в камере $1,33 \cdot 10^4$ Па (датчик 27.3) оператор должен подтвердить заливку азотной ловушки жидким азотом или прервать работу системы вакуумирования в автоматическом режиме. По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант. При выборе последнего варианта оператор должен выбрать один из двух вариантов дальнейшей работы:

- автоматическое завершение работы системы вакуумирования;
- автоматический переход на ручной дистанционный режим управления.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

10.1.2.8. Откачка с использованием группы оборудования а71 – агрегат 7.1, вентиль 23.1, клапан 21.1, ручные вентили 37.1, 37.4 – и группы а72 – агрегат 7.2, вентиль 23.2, клапан 21.2, ручные вентили 37.2, 37.5.

Группы а71 и а72 начинают работу одновременно, порядок работы группы а72 аналогичен порядку работы группы а71.

Группа а73 – агрегат 7.3, вентиль 23.5, клапан 21.3, ручные вентили 37.3, 37.6 – находится в резерве, порядок работы аналогичен группе а71.

1) При нормальных значениях температуры и давления охлаждающей воды включается агрегат 7.1. При ненормальных значениях температуры и давления охлаждающей воды или невключении агрегата 7.1, производится пуск группы а73.

2) Если по истечении времени контроля достижения давления перед агрегатом 7.1 (датчик 35.12) давление больше 13,3 Па, оператор должен выбрать один из трех вариантов дальнейшей работы:

- продлить ожидание значения;
- продолжить работу при достигнутом значении;
- отказаться от использования группы а71, при этом производится пуск группы а73 и завершение работы группы а71.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

3) При достижении давления перед агрегатом 7.1 (датчик 35.12) 13,3 Па подается напряжение на катушку вентиля 23.1. Оператор должен выбрать один из двух вариантов дальнейшей работы:

- подтвердить ручное открытие вентиля 23.1;

- отказаться от использования группы а71, при этом производится пуск группы а73 и завершение работы группы а71.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

10.1.2.9. Завершение работы группы 91.

Порядок завершения работы группы 92 аналогичен группе 91.

1) Закрывается затвор 16.1. При ненормальной работе затвора 16.1 на закрытие оператор должен выбрать один из двух вариантов дальнейшей работы:

- повторить команду на закрытие;
- подтвердить ручное механическое закрытие затвора и продолжить работу. По истечении определенного времени операция считается выполненной, при этом на экран выдается сообщение о неподтверждении операции.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

2) Выключается насос 9.1.

3) Оператор должен подтвердить закрытие ручного вентиля подачи воды 38.1. По истечении определенного времени операция считается выполненной, при этом на экран выдается сообщение о неподтверждении операции.

4) Если закрыт затвор 16.1 и насос 9.1 выключен, открывается клапан 21.4 и через одну минуту закрывается.

10.1.2.10. Если по истечении времени контроля достижения давления в камере (датчики 35.15, 35.16) давление больше 133 Па, оператор должен выбрать один из трех вариантов дальнейшей работы:

- продлить ожидание значения;
- продолжить работу при достигнутом значении;
- отказаться от использования группы а71, при этом производится пуск группы а73 и завершение работы группы а71.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

10.1.2.11. При достижении давления в камере (датчики 35.15, 35.16) 133 Па производится откачка с использованием группы 51 – насос 5.1, затвор 11.3, ручные вентили 36.1, 36.4 – и группы 52 – насос 5.2, затвор 11.4, ручные вентили 36.2, 36.5.

Группы 51 и 52 начинают работу одновременно, порядок работы группы 52 аналогичен порядку работы группы 51.

Группа 53 – насос 5.3, затвор 11.5, ручные вентили 36.3, 36.6 – находится в резерве, порядок работы аналогичен группе 51.

1) При нормальных значениях температуры и давления охлаждающей воды включается насос 5.1. При ненормальных значениях температуры и давления охлаждающей воды или невключении насоса 5.1, производится пуск группы 53.

2) Если по истечении времени контроля достижения давления перед насосом 5.1 (датчик 35.9) давление больше $9,3 \cdot 10^{-1}$ Па, оператор должен выбрать один из трех вариантов дальнейшей работы:

- продлить ожидание значения;
- продолжить работу при достигнутом значении;
- отказаться от использования группы 51, при этом производится пуск группы 53 и завершение работы группы 51.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

3) При достижении давления перед насосом 5.1 (датчик 35.9) $9,3 \cdot 10^{-1}$ Па, открывается затвор 11.3. При ненормальной работе затвора 11.3 на открытие оператор должен выбрать один из трех вариантов дальнейшей работы:

- повторить команду на открытие;
- подтвердить ручное механическое открытие затвора и продолжить работу;
- прервать работу системы вакуумирования в автоматическом режиме.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант. При выборе последнего варианта оператор должен выбрать один из двух вариантов дальнейшей работы:

- автоматическое завершение работы системы вакуумирования;
- автоматический переход на ручной дистанционный режим управления.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

10.1.2.12. Закрывается затвор 11.1. При ненормальной работе затвора 11.1 на закрытие оператор должен выбрать один из трех вариантов дальнейшей работы:

- повторить команду на закрытие;
- подтвердить ручное механическое закрытие затвора и продолжить работу;
- прервать работу системы вакуумирования в автоматическом режиме.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант. При выборе последнего варианта оператор должен выбрать один из двух вариантов дальнейшей работы:

- автоматическое завершение работы системы вакуумирования;

- автоматический переход на ручной дистанционный режим управления.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

10.1.2.13. Откачка с использованием электродуговых вакуумных агрегатов ЭДВА-900/25000 поз.3.1 (выпрямитель агрегата 3.1, нагреватель агрегата 3.1, затвор 11.7, клапан 22.2, ловушка агрегата 3.1), поз. 3.2 (выпрямитель агрегата 3.2, нагреватель агрегата 3.2, затвор 11.8, клапан 22.3, ловушка агрегата 3.2) и поз. 3.3 (выпрямитель агрегата 3.3, нагреватель агрегата 3.3, затвор 11.9, клапан 22.4, ловушка агрегата 3.3).

Агрегаты 3.1, 3.2 и 3.3 начинают работу одновременно, порядок работы агрегатов 3.2 и 3.3 аналогичен порядку работы агрегата 3.1.

Агрегат 3.4 (выпрямитель агрегата 3.4, нагреватель агрегата 3.4, затвор 11.10, клапан 22.5, ловушка агрегата 3.4) находится в резерве, порядок работы аналогичен агрегату 3.1.

Для обеспечения работы агрегатов ЭДВА-900/25000 используется группа b73 – агрегат 7.3, вентиль 23.4, ручной вентиль 33.2, клапан 21.3. Группа b72 – агрегат 7.2, вентиль 23.3, ручной вентиль 33.1, клапан 21.2 – находится в резерве, порядок работы аналогичен группе b73.

1) Если давление в полостях агрегатов 3.1...3.4 (датчики 35.5...35.8) больше 6.65Па, то осуществляется откачка полостей агрегатов 3.1...3.4 с использованием группы b73 (группа b72 в резерве).

При нормальных значениях температуры и давления охлаждающей воды включается агрегат 7.3. При ненормальных значениях температуры и давления охлаждающей воды или невключении агрегата 7.3, производится пуск группы b72.

Оператор должен подтвердить снятие блокировок с затворов 11.7...11.10 и клапанов 22.2...22.5 или прервать работу системы вакуумирования в автоматическом режиме. По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант. При выборе последнего варианта оператор должен выбрать один из двух вариантов дальнейшей работы:

- автоматическое завершение работы системы вакуумирования;
- автоматический переход на ручной дистанционный режим управления.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

Открываются затворы 11.7...11.10 и клапаны 22.2...22.5. При ненормальной работе на открытие любого из затворов или клапанов, оператор должен выбрать один из трех вариантов дальнейшей работы:

- повторить команду на открытие;
- подтвердить ручное механическое открытие затвора (клапана) и продолжить работу;
- прервать работу системы вакуумирования в автоматическом режиме.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант. При выборе последнего варианта оператор должен выбрать один из двух вариантов дальнейшей работы:

- автоматическое завершение работы системы вакуумирования;
- автоматический переход на ручной дистанционный режим управления.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

Оператор должен подтвердить открытие ручного вентиля 33.2 или отказаться от использования группы b73, при этом производится пуск группы b72 и завершение работы группы b73. По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

Если по истечении времени контроля достижения давления в полостях агрегатов 3.1...3.4 (датчики 35.5...35.8) давление больше $1,33 \cdot 10^4$ Па, оператор должен выбрать один из трех вариантов дальнейшей работы:

- продлить ожидание значения;
- продолжить работу при достигнутом значении;
- отказаться от использования группы b73, при этом производится пуск группы b72 и завершение работы группы b73.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

При достижении давления в полостях агрегатов 3.1...3.4 (датчики 35.5...35.8) $1,33 \cdot 10^4$ Па подается напряжение на катушку вентиля 23.4. Оператор должен подтвердить ручное открытие вентиля 23.4 или отказаться от использования группы b73, при этом производится пуск группы b72 и завершение работы группы b73. По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

При подтверждении открытия вентиля 23.4 оператор должен подтвердить закрытие ручного вентиля 33.2. По истечении определенного времени операция считается выполненной, при этом на экран выдается сообщение о неподтверждении операции.

Если по истечении времени контроля достижения давления в полостях агрегатов 3.1...3.4 (датчики 35.5...35.8) давление больше 6,65 Па, оператор должен выбрать один из трех вариантов дальнейшей работы:

- продлить ожидание значения;
- продолжить работу при достигнутом значении;
- отказаться от использования группы b73, при этом производится пуск группы b72 и завершение работы группы b73.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

При достижении давления в полостях агрегатов 3.1...3.4 (датчики 35.5...35.8) 6,65 Па закрываются затворы 11.7...11.10 и клапаны 22.2...22.5. При ненормальной работе на закрытие любого из затворов или клапанов, оператор должен выбрать один из трех вариантов дальнейшей работы:

- повторить команду на закрытие;
- подтвердить ручное механическое закрытие затвора (клапана) и продолжить работу;
- прервать работу системы вакуумирования в автоматическом режиме.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант. При выборе последнего варианта оператор должен выбрать один из двух вариантов дальнейшей работы:

- автоматическое завершение работы системы вакуумирования;
- автоматический переход на ручной дистанционный режим управления.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

Оператор должен подтвердить установку блокировок затворов 11.7...11.10 и клапанов 22.2...22.5 или прервать работу системы вакуумирования в автоматическом режиме. При выборе последнего варианта оператор должен выбрать один из двух вариантов дальнейшей работы:

- автоматическое завершение работы системы вакуумирования;
- автоматический переход на ручной дистанционный режим управления.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

2) Если давление в полостях агрегатов 3.1...3.4 (датчики 35.5...35.8) меньше либо равно 6.65 Па, разрешается запуск агрегатов 3.1...3.4.

Агрегаты 3.1, 3.2 и 3.3 начинают работу одновременно, порядок работы агрегатов 3.2 и 3.3 аналогичен порядку работы агрегата 3.1.

Агрегат 3.4 находится в резерве, порядок работы аналогичен агрегату 3.1.

Работу агрегатов обеспечивает группа b73 (группа b72 в резерве).

Пускается группа b73 (если не запущена ранее).

Если по истечении времени контроля достижения давления в форвакуумной магистрали агрегатов 3.1...3.4 (датчик 35.19) давление больше 13,3 Па, оператор должен выбрать один из трех вариантов дальнейшей работы:

- продлить ожидание значения;
- продолжить работу при достигнутом значении;
- отказаться от использования группы b73, при этом производится пуск группы b72 и завершение работы группы b73.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

При достижении давления в форвакуумной магистрали агрегатов 3.1...3.4 (датчик 35.19) 13,3 Па оператор должен подтвердить снятие блокировок с затворов 11.7...11.10 и клапанов 22.2...22.5 или прервать работу системы вакуумирования в автоматическом режиме. По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант. При выборе последнего варианта оператор должен выбрать один из двух вариантов дальнейшей работы:

- автоматическое завершение работы системы вакуумирования;
- автоматический переход на ручной дистанционный режим управления.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

При запуске агрегата 3.1 выполняются следующие действия.

Открывается клапан 22.2. При ненормальной работе клапана на открытие, оператор должен выбрать один из трех вариантов дальнейшей работы:

- повторить команду на открытие;
- подтвердить ручное механическое открытие клапана и продолжить работу;
- отказаться от использования агрегата 3.1, при этом производится пуск агрегата 3.4 и завершение работы агрегата 3.1.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

Оператор должен подтвердить открытие ручных вентилей подачи и слива воды 38.3 и 39.1 или отказаться от использования агрегата 3.1, при этом производится пуск агрегата 3.4 и завершение работы агрегата 3.1. По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

Если по истечении времени контроля достижения давления в форвакуумной магистрали агрегата 3.1 (датчик 35.5) давление больше 13,3 Па, оператор должен выбрать один из трех вариантов дальнейшей работы:

- продлить ожидание значения;
- продолжить работу при достигнутом значении;
- отказаться от использования агрегата 3.1, при этом производится пуск агрегата 3.4 и завершение работы агрегата 3.1.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

При достижении давления в форвакуумной магистрали агрегата 3.1 (датчик 35.5) 13,3 Па включается нагреватель агрегата 3.1. При невключении нагревателя производится пуск агрегата 3.4 и завершение работы агрегата 3.1.

Оператор должен подтвердить выполнение необходимых ручных операций с органами управления выпрямителя или отказаться от использования агрегата 3.1, при этом производится пуск агрегата 3.4 и

завершение работы агрегата 3.1. По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

При подтверждении выполнения необходимых ручных операций и давлении в полости агрегата 3.1 (датчик 35.5) не выше 6,65 Па включается выпрямитель агрегата 3.1. При невключении выпрямителя производится пуск агрегата 3.4 и завершение работы агрегата 3.1.

Если по истечении времени контроля достижения давления в АВП (датчик 28.5) давление больше $6,5 \cdot 10^{-3}$ Па, оператор должен выбрать один из трех вариантов дальнейшей работы:

- продлить ожидание значения;
- продолжить работу при достигнутом значении;
- отказаться от использования агрегата 3.1, при этом производится пуск агрегата 3.4 и завершение работы агрегата 3.1.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

При достижении давления в АВП (датчик 28.5) $6,5 \cdot 10^{-3}$ Па оператор должен подтвердить заливку азотной ловушки агрегата 3.1 жидким азотом или отказаться от использования агрегата 3.1, при этом производится пуск агрегата 3.4 и завершение работы агрегата 3.1.

Если по истечении времени контроля достижения давления в полости агрегата 3.1 (датчик 35.5) давление больше 0,665 Па, оператор должен выбрать один из трех вариантов дальнейшей работы:

- продлить ожидание значения;
- продолжить работу при достигнутом значении;
- отказаться от использования агрегата 3.1, при этом производится пуск агрегата 3.4 и завершение работы агрегата 3.1.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

При достижении давления в полости агрегата 3.1 (датчик 35.5) 0,665 Па открывается затвор 11.7. При ненормальной работе затвора на открытие, оператор должен выбрать один из трех вариантов дальнейшей работы:

- повторить команду на открытие;
- подтвердить ручное механическое открытие затвора и продолжить работу;
- отказаться от использования агрегата 3.1, при этом производится пуск агрегата 3.4 и завершение работы агрегата 3.1.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

Оператор должен подтвердить выполнение необходимых ручных операций с органами управления выпрямителя или отказаться от использования агрегата 3.1, при этом производится пуск агрегата 3.4 и завершение работы агрегата 3.1. По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

Если по истечении времени контроля достижения давления в полости агрегата 3.1 (датчик 35.5) давление больше 0,065 Па, оператор должен выбрать один из трех вариантов дальнейшей работы:

- продлить ожидание значения;
- продолжить работу при достигнутом значении;
- отказаться от использования агрегата 3.1, при этом производится пуск агрегата 3.4 и завершение работы агрегата 3.1.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

На этом запуск агрегата 3.1 завершен.

10.1.2.14. При достижении давления в полостях работающих агрегатов 3.1 (3.2...3.4, датчики 35.5...35.8) 0,065 Па и давления в камере (датчики 35.20, 35.21) 0,93 Па закрывается затвор 10. При ненормальной работе затвора на закрытие, оператор должен выбрать один из трех вариантов дальнейшей работы:

- повторить команду на закрытие;
- подтвердить ручное механическое закрытие затвора и продолжить работу;
- прервать работу системы вакуумирования в автоматическом режиме.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант. При выборе последнего варианта оператор должен выбрать один из двух вариантов дальнейшей работы:

- автоматическое завершение работы системы вакуумирования;
- автоматический переход на ручной дистанционный режим управления.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

10.1.2.15. Открываются затворы 13.1...13.3. При ненормальной работе затвора на открытие, оператор должен выбрать один из трех вариантов дальнейшей работы:

- повторить команду на открытие;
- подтвердить ручное механическое открытие затвора и продолжить работу;
- отказаться от использования соответствующего агрегата, при этом производится пуск агрегата 3.4 и завершение работы соответствующего агрегата.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

10.1.2.16. Если по истечении времени контроля достижения давления в камере (датчики 30.1, 30.2) давление больше $6,65 \cdot 10^{-3}$ Па, оператор должен выбрать один из трех вариантов дальнейшей работы:

- продлить ожидание значения;
- продолжить работу при достигнутом значении;
- прервать работу системы вакуумирования в автоматическом режиме.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант. При выборе последнего варианта оператор должен выбрать один из двух вариантов дальнейшей работы:

- автоматическое завершение работы системы вакуумирования;
- автоматический переход на ручной дистанционный режим управления.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

10.1.2.17. При достижении давления в камере (датчики 30.1, 30.2) $6,65 \cdot 10^{-3}$ Па на экран выводится сообщение “Режим обеспечен” и становится доступной виртуальная кнопка “Останов работы”.

10.1.2.18. Завершение работы групп 51, 52 (и 53, если используется) .

Группы 51, 52 (53) завершают работу одновременно. Порядок завершения работы групп 52, 53 аналогичен порядку завершения работы группы 51.

1) Закрывается затвор 11.3. При ненормальной работе затвора 11.3 на закрытие оператор должен выбрать один из двух вариантов дальнейшей работы:

- повторить команду на закрытие;
- подтвердить ручное механическое закрытие затвора и продолжить работу.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

2) Выключается насос 5.1.

3) Если насос 5.1 выключен, оператор должен подтвердить закрытие ручного вентиля подачи воды 36.1. закрытие ручного вентиля слива воды 36.4. По истечении определенного времени операция считается выполненной, при этом на экран выдается сообщение о неподтверждении операции.

4) Закрывается затвор 14.1. При ненормальной работе затвора 14.1 на закрытие оператор должен выбрать один из двух вариантов дальнейшей работы:

- повторить команду на закрытие;
- подтвердить ручное механическое закрытие затвора и продолжить работу.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

10.1.2.19. Завершение работы групп a71 и a72 (если оборудование группы b72 не используется вместо неисправной группы b73).

Группы a71 и a72 завершают работу одновременно. Порядок завершения работы группы a72 аналогичен порядку завершения работы группы a71.

1) Снимается напряжение с катушки вентиля 23.1.

2) Выключается агрегат 7.1.

3) Если агрегат 7.1 выключен и клапан 21.1 закрыт, открывается клапан 21.1 и через 1 минуту закрывается.

4) Если агрегат 7.1 выключен, оператор должен подтвердить закрытие ручного вентиля подачи воды 37.1 и закрытие ручного вентиля слива воды 37.4. По истечении определенного времени операция считается выполненной, при этом на экран выдается сообщение о неподтверждении операции.

10.2. Поддержание рабочего давления во время испытаний.

После выполнения всех указанных в подразделе 10.1 действий система выведена в состояние, обеспечивающее поддержание рабочего давления во время испытаний.

Останов работы установки производится после нажатия виртуальной кнопки “Останов работы” или при ненормальной работе оборудования в диалоговом режиме после выборе оператором варианта завершения работы установки.

10.3. Останов работы системы вакуумирования.

10.3.1. Завершение работы агрегатов 3.1, 3.2, 3.3 (и 3.4, если используется). Агрегаты 3.1, 3.2, 3.3 (3.4) завершают работу одновременно. Порядок завершения работы агрегатов 3.2, 3.3, 3.4 аналогичен порядку завершения работы агрегата 3.1.

10.3.1.1. Закрывается затвор 13.1. При ненормальной работе затвора на закрытие оператор должен выбрать один из двух вариантов дальнейшей работы:

- повторить команду на закрытие;
- подтвердить ручное механическое закрытие затвора и продолжить работу.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

10.3.1.2. Отключается выпрямитель агрегата 3.1.

10.3.1.3. Закрывается затвор 11.7. При ненормальной работе затвора на закрытие оператор должен выбрать один из двух вариантов дальнейшей работы:

- повторить команду на закрытие;
- подтвердить ручное механическое закрытие затвора и продолжить работу.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

10.3.1.4. Отключается нагреватель агрегата 3.1.

10.3.1.5. По истечении 60 минут закрывается клапан 22.2. При ненормальной работе клапана 22.2 на закрытие оператор должен выбрать один из двух вариантов дальнейшей работы:

- повторить команду на закрытие;
- подтвердить ручное механическое закрытие клапана и продолжить работу.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

10.3.1.6. Оператор должен подтвердить установку блокировок затворов 11.7...11.10 и клапанов 22.2...22.5 и выключение автоматов для снятия напряжения с агрегатов 3.1...3.4.

10.3.2. Если агрегаты 3.1...3.4 отключены, через 30 минут завершает работу группа b73 (b72). Порядок завершения работы группы b72 аналогичен порядку завершения работы группы b73.

10.3.2.1. Снимается напряжение с катушки вентиля 23.4.

10.3.2.2. Выключается агрегат 7.3.

10.3.2.3. Если агрегат 7.3 выключен и клапан 23.4 закрыт, открывается клапан 21.3. и через 1 минуту закрывается.

10.3.3. Напуск воздуха в камеру и в коллекторы.

10.3.3.1. Открываются клапаны 22.1, 21.6, 21.7. При ненормальной работе клапанов на открытие оператор должен выбрать один из двух вариантов дальнейшей работы:

- повторить команду на открытие;
- подтвердить ручное механическое открытие клапана и продолжить работу.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

10.3.3.2. Оператор должен подтвердить открытие камеры.

10.3.3.3. Закрываются клапаны напуска воздуха 22.1, 21.6, 21.7. При ненормальной работе клапанов на закрытие оператор должен выбрать один из трех вариантов дальнейшей работы:

- повторить команду на закрытие;
- подтвердить ручное механическое закрытие клапана и продолжить работу.

По истечении определенного времени автоматически выбирается последний вариант.

11. Обеспечение ручного дистанционного режима управления

В режиме ручного дистанционного управления автоматически предотвращаются ошибочные действия оператора и автоматически выполняются необходимые элементарные действия. В целом любой требуемый процесс реализуется управляющими командами оператора в соответствии с технологической инструкцией Заказчика.

Перечень автоматически предотвращаемых и автоматически выполняемых действий приведен ниже.

- 1) Насосы 5.1... 5.3 и 9.1, 9.2 не запускаются и отключаются при падении давления охлаждающей воды на входе ниже определенного значения.
- 2) Насосы 5.1... 5.3 и 9.1, 9.2 отключаются при перегреве охлаждающей воды на выходе.
- 3) Агрегаты 7.1... 7.3 отключаются при перегреве масла.
- 4) Вентили 23.1...23.5 закрываются при остановке агрегатов 7.1...7.3.
- 5) Затворы 16.1, 16.2, 11.3...11.5 закрываются при отключении соответствующих насосов 9.1, 9.2, 5.1... 5.3.
- 6) Клапан 22.1 не открывается при открытых затворах 13.1...13.4 или 10.