

Два случая устойчивости логики программы ЗАО НИЦ "Инкомсистем" А. С. Лившиц

Была написана и протестирована автоматная программа проведения поверки преобразователей расхода (ПР) с импульсным выходом по компакт-пруверу (КП) для вычислителя АБАК. Из всей «программной документации» мною были построены схема связей (рис. 1) и граф переходов автомата [1] проведения поверки по КП (рис. 2), и тексты программ с комментариями.

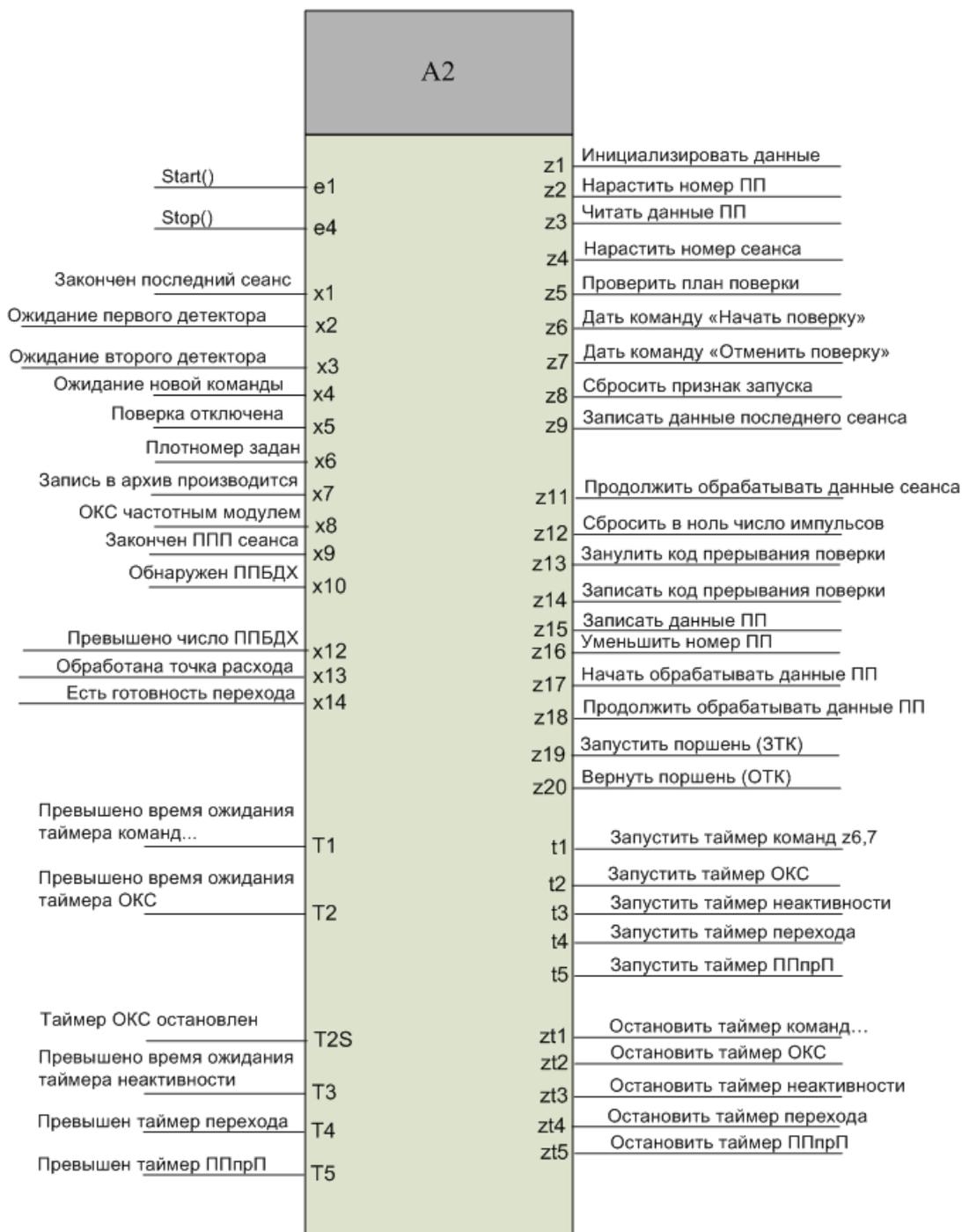


Рис. 1. Схема связей автомата проведения поверки по компакт-пруверу. ОКС – ожидание конца сеанса; ППБДХ – проход поршня без двойной хронометрии; ПП – проход поршня, поП – по потоку, прП – против потока; ППП – последний проход поршня; ЗТК – закрыть трельчатый клапан; ОТК – открыть трельчатый клапан

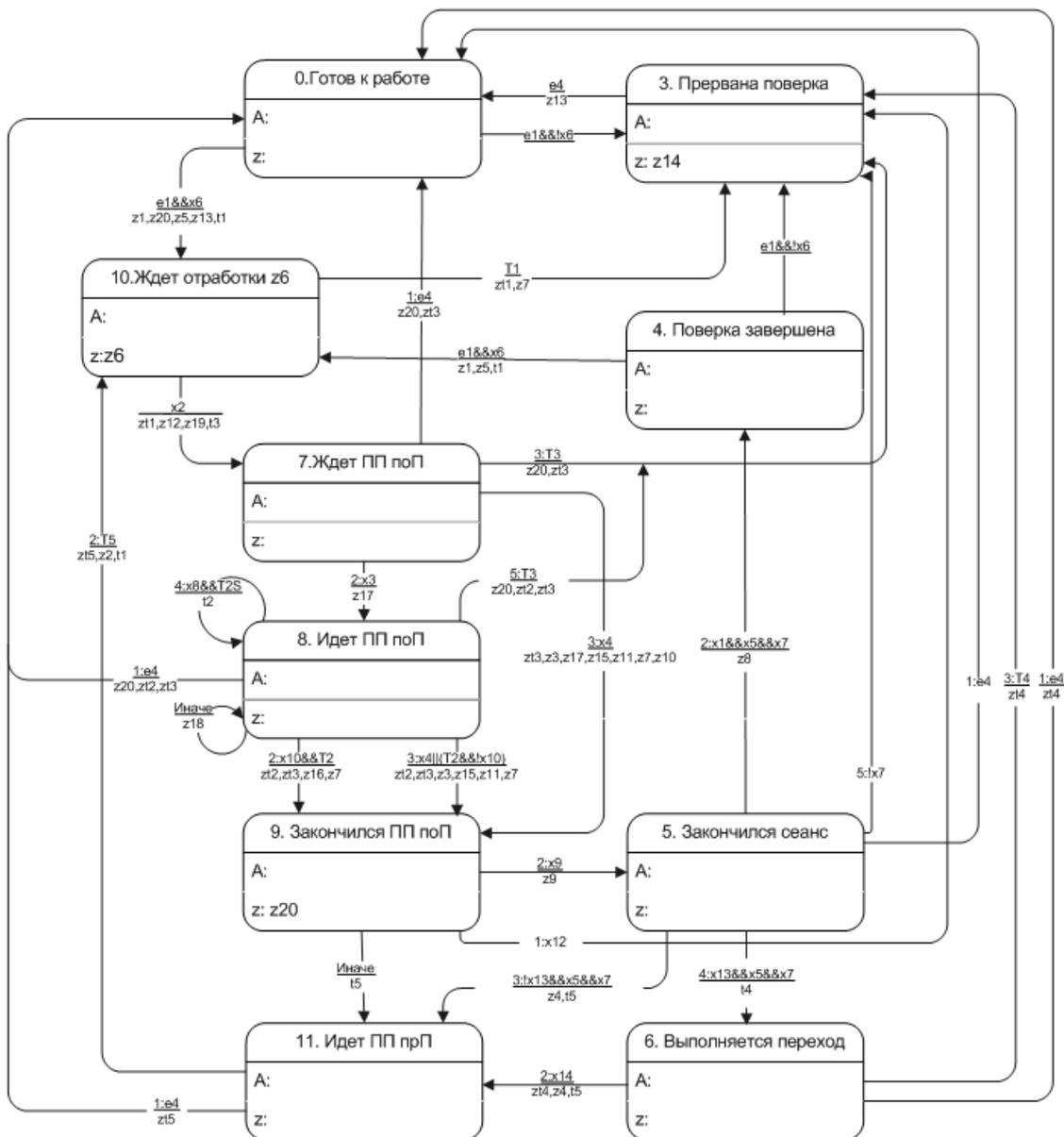


Рис. 2. Граф переходов проведения поверки по компакт-пруверу. ПП – проход поршня, поП – по потоку, прП – против потока

Программа обрабатывала сигналы детекторов КП, датчиков поверяемой измерительной линии (ИЛ) и КП, управляла поршнем КП и вычисляла массу по ПР и КП, а также некоторые другие параметры при каждом измерении во время поверки. Тестирование проводилось в полигоне с имитатором, который моделировал срабатывание детекторов КП. Управление КП моделировалось включением светодиода, подключенного к дискретному выходу вычислителя.

Затем потребовалось переключиться на программу для ПК, которая формировала протокол поверки преобразователя массового расхода (ПМР) по КП и турбинному преобразователю расхода (ТПР) согласно [2]. Для этого требуется выполнить следующие шаги.

1. Провести поверку ТПР по КП.
2. Провести поверку ПМР по ТПР, т.е. контроль метрологических характеристик (КМХ).
3. Снова провести поверку ТПР по КП.

4.И наконец, из данных этих трех поверок, выполнив статистические вычисления, сформировать и распечатать сложный отчет в соответствии с вышеуказанным документом.

Если первые три шага выполняются на вычислителе АБАК, то четвертый – только на ПК. Однако сотрудник, занимавшийся этим шагом, уволился, и мне поручили продолжить его работу. Был занят этой работой несколько месяцев, когда в нашу организацию для техобслуживания привезли КП *SVP Honeywell Enraf*. После завершения техобслуживания дали два дня, чтобы комплексно опробовать с ним вычислитель. К этому моменту уже забыл о первой работе.

Опыта практической работы с КП не было, и я по психологической инерции предполагал, что запуск поверки выполняется высоким сигналом вычислителя. При опробовании обнаружили, что поверка, закрытие тарельчатого клапана запускается низким выходным сигналом. Из-за недостатка времени ввели в БД признак «Запускать поверку низким дискретным сигналом» со значениями «нет» и «да (обычный режим)». На схеме связей, рис. 1 сразу нашел выходные переменные, процедуры: z19 и z20, формирующие этот выходной сигнал¹. В них вставил оператор *if*, анализирующий вышеуказанный признак. Альтернативами оператора стали прежние тела этих функций. Итак, управляющие состояния программы [1], сохранились, а вычислительные состояния изменились.

Так программа была откорректирована, а граф переходов, рис. 2 не изменился. Затем скомпоновал ее и загрузил в вычислитель. При опробовании проверили, что управление тарельчатым клапаном КП от вычислителя было устойчивым. Таким образом, автономная наладка системы автоматизации [3], включающей вычислитель АБАК и КП *SVP Honeywell Enraf*, прошла успешно, без стресса, в отличие от времени моей программистской юности в конце семидесятых.

Теперь вернусь к прерванной работе. Первый и третий шаг выполнялись вышеуказанной программой. А для второго шага имелась автоматная программа, проводившая КМХ ПР (рис. 3, 4). Она обрабатывала сигналы датчиков поверяемой ИЛ и мастер-счетчика. При превышении заданного количества продукта по мастер-счетчику она заполняла четыре элемента БД, основным из которых была относительная погрешность измеренных масс или объемов продукта в зависимости от типа поверяемого ПР (ПМР или объемный расходомер). Три элемента вычислялись с использованием прикладного ПО системы в одной выходной переменной z9, а четвертый (средний расход) вычислялся в выходной переменной z15 по формуле итерационного среднего и тоже записывался в переменной z9. Под партией понимается заданное количество продукта, измеренное мастером-счетчиком. Эти элементы считывались ПК верхнего уровня для формирования рабочего отчета. Желательно было их сохранить и для поверки ПМР по ТПР дополнить БД новыми элементами, чтобы формировать отчет согласно [2]. При этом необходимы были дополнительные элементы: температура, давление и плотность на плотномере, температура и давление на ТПР, плотность, приведенная к условиям ТПР, объем и масса, вычисленные по ТПР, число импульсов, полученных от ПМР, масса с ПМР и т. д. Часть этих параметров можно вычислить косвенным образом на ПК.

В начале работы у меня не было точного перечня, какие параметры должны вычисляться в автоматных программах, а какие – в неавтоматной на ПК. Вычислил в автоматной программе температуру, давление в ТПР, используя прикладное ПО системы, включив операторы присваивания в переменную z9. Потом сформировал соответствующие столбцы отчета на ПК. Вычислил косвенным методом из уже имеющихся данных еще четыре параметра, что потребовало вставить несколько строк в переменную z9. По ним сформировал соответствующие столбцы отчета тоже. Затем вычислил еще один параметр, используя прикладное ПО, и заполнил соответствующий

¹ Поиск по текстам занял бы у меня в спешке, по крайней мере, один вечер.

столбец. Последние четыре параметра вычислил по формуле итерационного среднего. Это потребовало небольшой корректировки процедур z10 и z11. При этом снова схема связей и граф переходов автоматной программы не изменились.

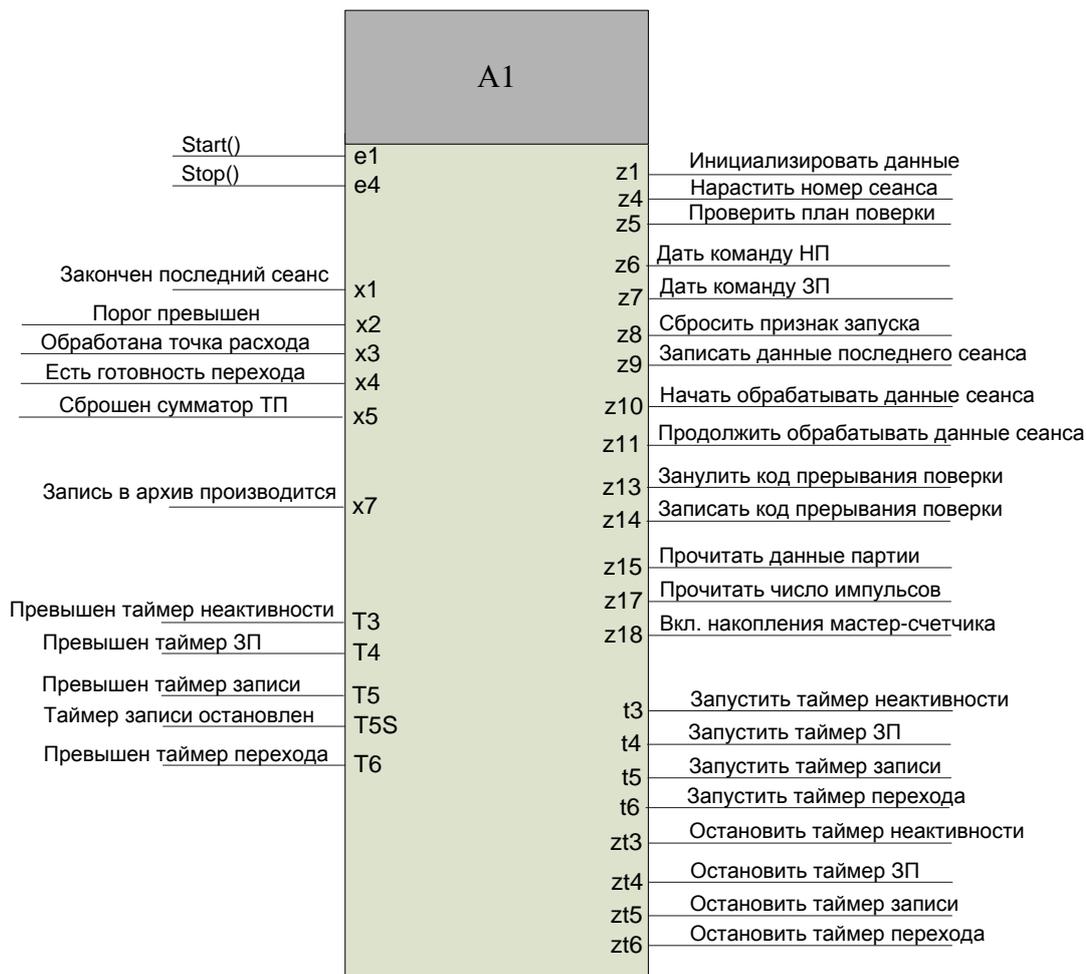


Рис. 3. Схема связей автомата проведения поверки по мастер-счетчику. НП – начать партию по обоим ИЛ; ЗП – закончить партию по обоим ИЛ; ТП – текущая партия

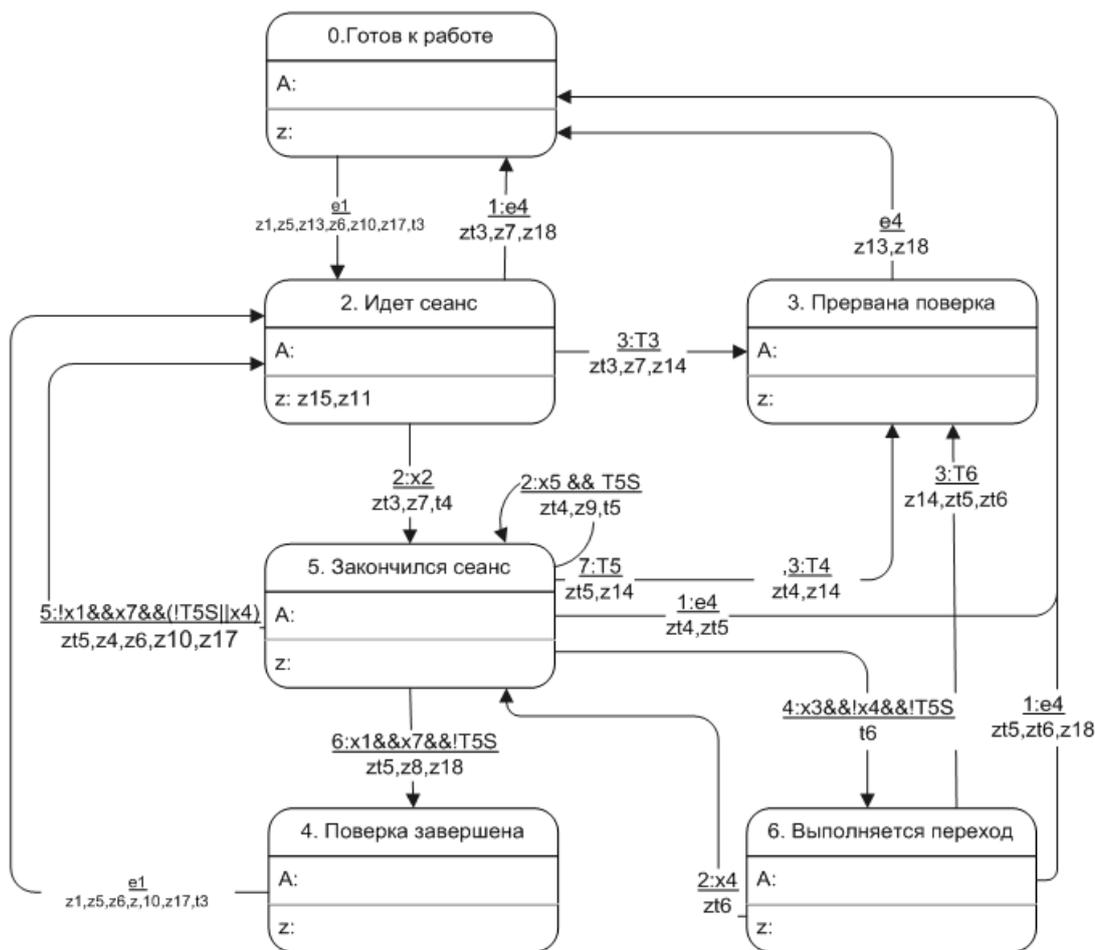


Рис. 4. Граф переходов автомата проведения проверки по мастер-счетчику

Подход очевиден – по шагам уточнял спецификацию выходных переменных автомата, которые формировали исходные данные для программы на ПК. Это позволило постепенно корректировать программу на ПК и прийти к решению: формировать результаты по каждому измерению в основном в автоматных программах вычислителя, а для группы измерений на ПК.

Данные трех проверок считывались ПК, где производились необходимые промежуточные вычисления: например, вычислялся «коэффициент коррекции измерений массы» как отношение двух масс. Сложная математическая обработка и формирование отчета, конечно, выполнялась на ПК, где были соответствующие программные средства... Фрагмент полученного тестового отчета приведен в таблице. В нем существенно более сложный алгоритм вычисления относительной погрешности ПМР δ , чем в исходном варианте автоматной программы.

Таблица. Результаты проверки

Точка расхода (j)	Q_j , т/ч	KF_j , имп/т	S_{KF} , %	$\delta_{0(мас)}$, %	$KF_{диап}$, имп/т	θ_{KF} диап, %	ϵ , %	θ_{Σ} , %	δ , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	384,46571	4681,81972	0,02269	0,00182	4681,81972	0,00000	0,05366	0,05725	0,08097

Итак, в первом случае возмущение (т.е. ошибка в содержательном описании выходной переменной) проявилось на этапе пуско-наладочных работ [3]. Во втором оно (дополнение перечня результатов) проявилось при последовательном уточнении постановки инженерной задачи. Однако, в обоих случаях корректировалась только семантика автоматной программы, а ее логика сохранялась.

Источники

1. *Поликарпова Н. И., Шалыто А. А.* Автоматное программирование. СПб.: Питер, 2010.
2. *МИ 3272-2010 ГСИ.* Счетчики-расходомеры массовые. Методика поверки на месте эксплуатации компакт-прувером в комплекте с турбинным преобразователем расхода и поточным преобразователем плотности.
3. Строительные нормы и правила: СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ: *СНиП 3.05.07-85.* Госстрой СССР. – Введ. 01.07.86. – М., 2001