

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЛИТЬЕВЫХ МАШИН НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЛЕРОВ

AUTOMATION OF CASTING MACHINES BASED ON PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS

**M. Rusakov
A. Evdokimov
A. Zankin**

Summary. Postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education N.P. Ogarev National Research Mordovian State University, Saransk

The article discusses the practical application of programmable logic controllers of the "Aries" company for the automation of a single-position machine for injection molding of thermoplastic materials LPD500/160. The article briefly discusses the solutions to the main problems of automation of injection molding machines: the choice of equipment and the creation of a user program. This article is written on a project that has a practical implementation in production when performing a major overhaul of equipment.

The purpose of this work is to show the main ways of solving the problems of automation of injection molding machines of this class.

Keywords: PLC, mold, cycle, automation, subroutine, injection unit, clamping unit, interfaces, injection molding machine, hydraulic valve, command device.

Русаков Максим Геннадьевич

Аспирант, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва», Саранск
e10e00@mail.ru

Евдокимов Александр Сергеевич

Аспирант, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва», Саранск
evd15@list.ru

Занкин Александр Иванович

Аспирант, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва», Саранск
zankin_ai@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается практическое применение программируемых логических контроллеров фирмы «Овен» для автоматизации однопозиционной машины для литья под давлением термопластичных материалов ЛПД 500/160. В статье кратко рассматриваются решения основных проблем автоматизации литьевых машин: выбор оборудования и создания пользовательской программы. Данная статья написана по проекту имеющие практическое внедрение на производстве при выполнении капитального ремонта оборудования.

Цель данной работы — показать основные пути решения проблем автоматизации литьевых машин данного класса.

Ключевые слова: ПЛК, прессформа, цикл, автоматизация, подпрограмма, узел впрыска, узел смыкания, интерфейсы, литьевая машина, гидрораспределитель, командоаппарат.

Давно уже является фактом то, что промышленное оборудование покупается на долгие годы эксплуатации и при неисправной системе управления списывать оборудование способное ещё проработать десяток лет не рентабельно. В таких случаях при качественном ремонте на помощь приходят современные технологии с применением современных АСУ ТП. В данной работе рассматривается автоматизация литьевых машин ЛПД 500/160 выпущенных 1998 году и простоявших без эксплуатации более 20 лет по причине неисправной системы управления, восстановление которой не представляется возможным. При том сами станки хоть и являются морально устаревшими, но по механической и гидравлической части являются новыми и могли бы ещё работать, выполняя свои функции. Потребность производства в дополнительных производственных

мощностях поставила задачу по восстановлению работоспособности данного оборудования. Установка нового дорогого импортного оборудования АСУ ТП на такие машины была бы не рентабельной. Поэтому было принято решения использовать продукцию отечественного производителя. Проблема выбора оборудования для автоматизации литьевых машин решалась следующим образом. На начальных этапах проводится изучение оригинальной документации, изучается работа литьевой машины и анализируется рынок современного оборудования АСУ ТП. Далее проводится выбор того или иного подходящего оборудования для автоматизации.

Общая теоретическая часть выбора оборудования АСУ ТП т.е. критерии его оценки приводится на рисунке 1. Только взвесив и сопоставив правильно все критерии

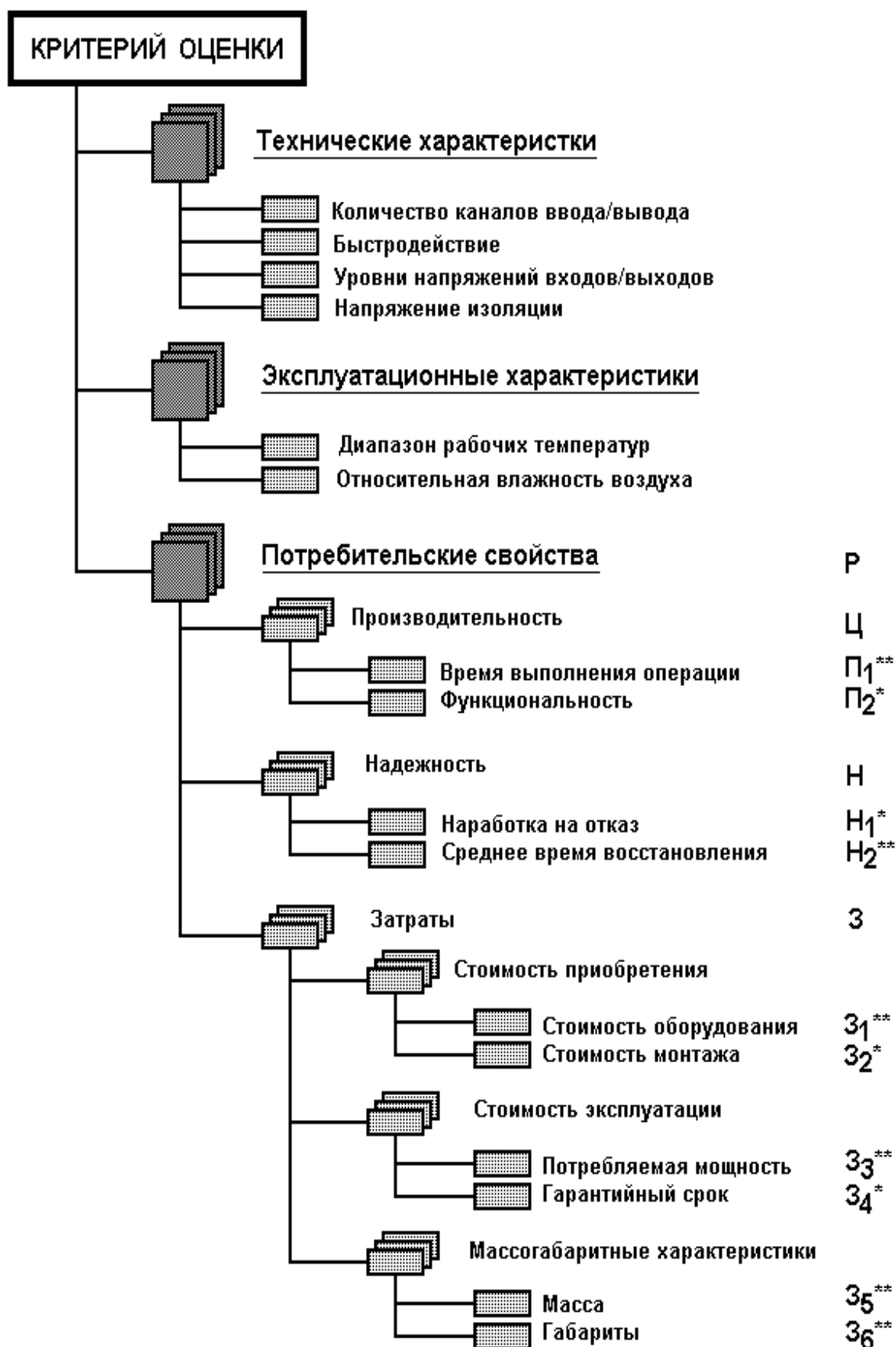


Рис. 1. Критерий оценки при выборе аппаратуры АСУ ТП

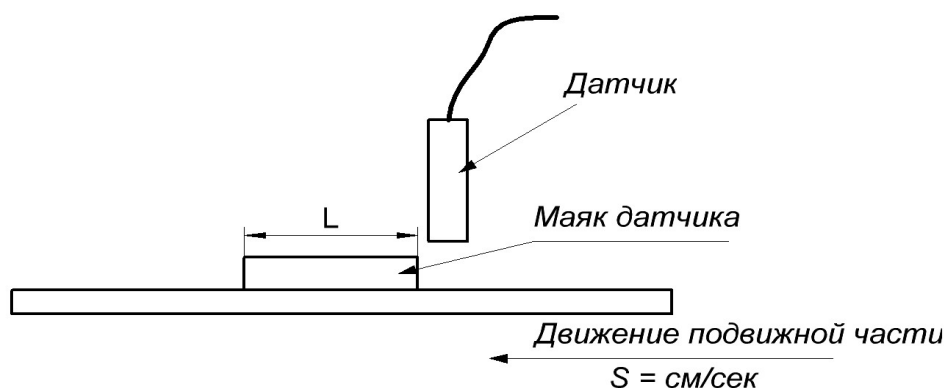


Рис. 2. К определению времени импульса с датчика узла запириания

выбора оборудования можно сделать правильный выбор. На верхнем уровне дерева критериев располагаются технические характеристики они являются одними из важных без них невозможно провести автоматизацию оборудования.

Для определения технических характеристик используемого оборудования проводится изучение электрических принципиальных схем, подсчитываются количество используемых цифровых и аналоговых входов и выходов, определяются величины входных и выходных сигналов.

В результате проведенных исследований для автоматизации литейной машины потребовалось использовать АСУ ТП имеющую на борту 39 дискретных входа, 24 дискретных выхода и 4 аналоговых входа для подключения термодар. Уровни входных цифровых сигналов должны соответствовать напряжению 24В постоянного тока. Уровни выходных цифровых сигналов должны соответствовать 24В постоянного тока величиной тока не менее 2 ампер. Уровни входных аналоговых сигналов должны соответствовать уровням термодар хромель-копель. Для связи ПЛК и человеко-машинного интерфейса необходима цифровая сеть.

Другой важной технической характеристикой для автоматизации литейной машины ЛПД 500/160 является минимально необходимое максимально допустимое время реакции АСУ ТП на входной сигнал. Для выполнения этих требований необходимо чтобы ПЛК системы управления имело минимально допустимое время цикла или имело возможность выполнения программы прерываний. Для работы литейной машины ЛПД 500/160 время реакции опирается на скорость движения механизма запириания прессформы (рисунок 2). В силу своих конструктивных и технологических особенностей на однопозиционной литейной машине ЛПД 500/160 макси-

мальная скорость может находиться только на двух механизмах: механизм впрыска и механизм узла запириания. Наиболее важным является узел запириания поскольку он имеет самые короткие импульсы, на которые системе необходимо успеть отреагировать.

При известной максимальной скорости перемещения прессформы 0.8 м/с и длине пластины бесконтактного выключателя 2,5см, время импульса с датчика составит 31мс. В течение этого времени датчик должен быть опрошен и система управления должна сформировать управляющий сигнал. В противном случае остановка прессформы произойдет не на пластине датчика, а за его пределами или вовсе не произойдет.

Не менее важными характеристиками так же являются потребительские свойства и эксплуатационные характеристики. Для внутрицеховых условий со средней возможной температурой эксплуатации от 5 до 25 и перечисленными выше требованиями наиболее подходящими являются оборудование производящиеся фирмой «Овен», оно достаточно надежное и относится к невысокой ценовой категории. За основу системы управления литейной машины ЛПД 500/160 был принят моноблочный контроллер ПЛК110–24.60.P.M на 60 точек подключения. Недостаточность цифровых и аналоговых входов на борту ПЛК компенсируется применением дополнительных модулей расширения. В таблице 1 и 2 приведено все используемое оборудование АСУ ТП для автоматизации литейной машины. Для сопряжения ПЛК и модулей расширения задействованы интерфейсы RS485–1 и RS485–2 имеющиеся на борту ПЛК. В качестве основного протокола связи используется протокол ModBus–RTU. На рисунке 3 приведена структурная схема конфигурации проекта.

Так как литейная машина ЛПД-500/160 является гидравлической литейной машиной, все управления ра-

Таблица 1. Таблица конфигурации оборудования АСУ в сети Modbus по интерфейсу RS485-1

№	Единица оборудования АСУ в сети	Адрес в сети Modbus
1	ПЛК110-24.60.P.M (мастер устройство)	
2	МВ110-24.16ДН	16
3	МВ110-8А	24

Таблица 2. Таблица конфигурации оборудования АСУ в сети Modbus по интерфейсу RS485-2

№	Единица оборудования АСУ в сети	Адрес в сети Modbus
1	ИП320 (мастер устройство)	
2	ПЛК110-24.60.P.M	1

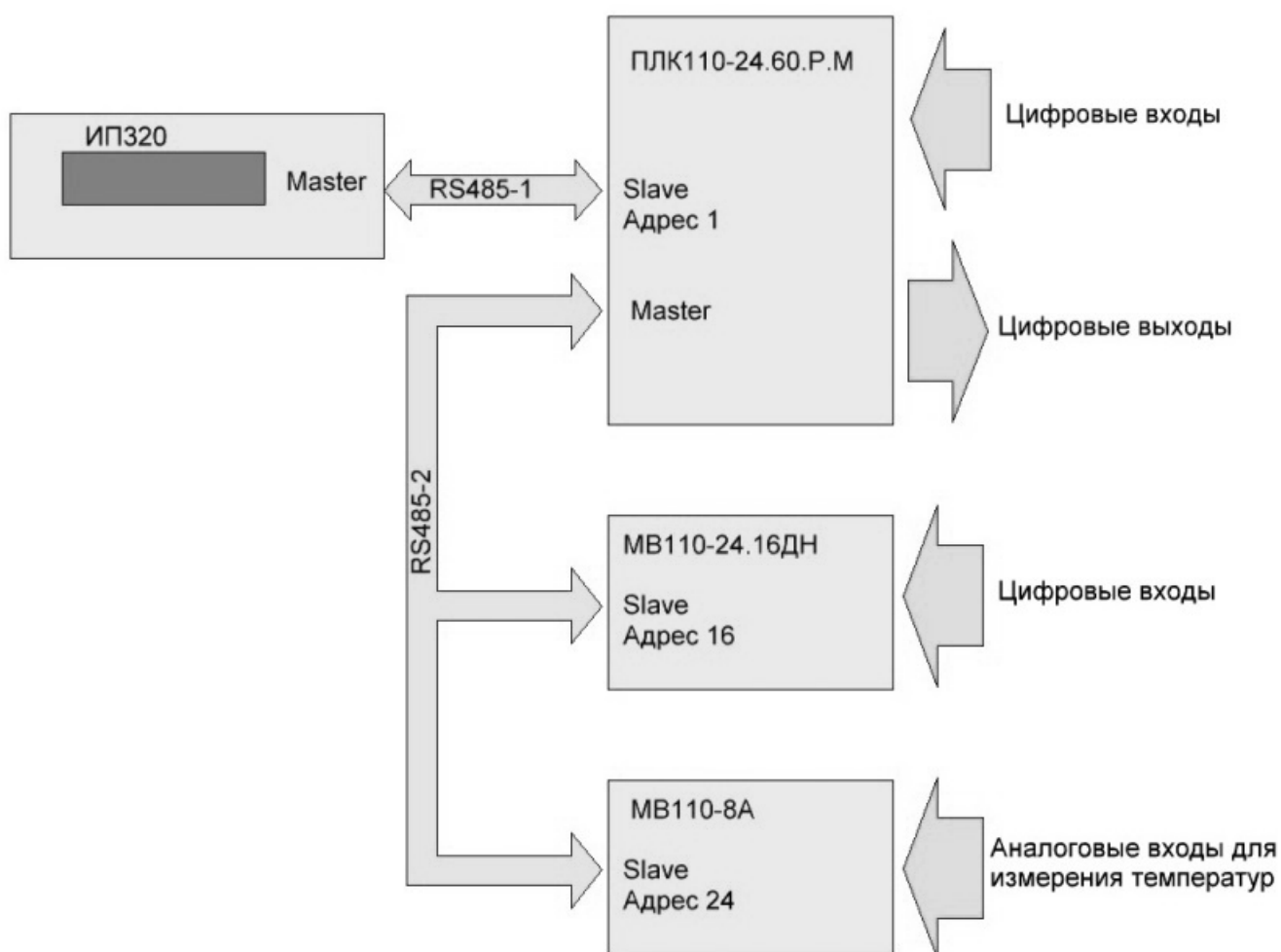


Рис. 3. Структурная схема АСУ ТП литейной машины ЛПД 500/160

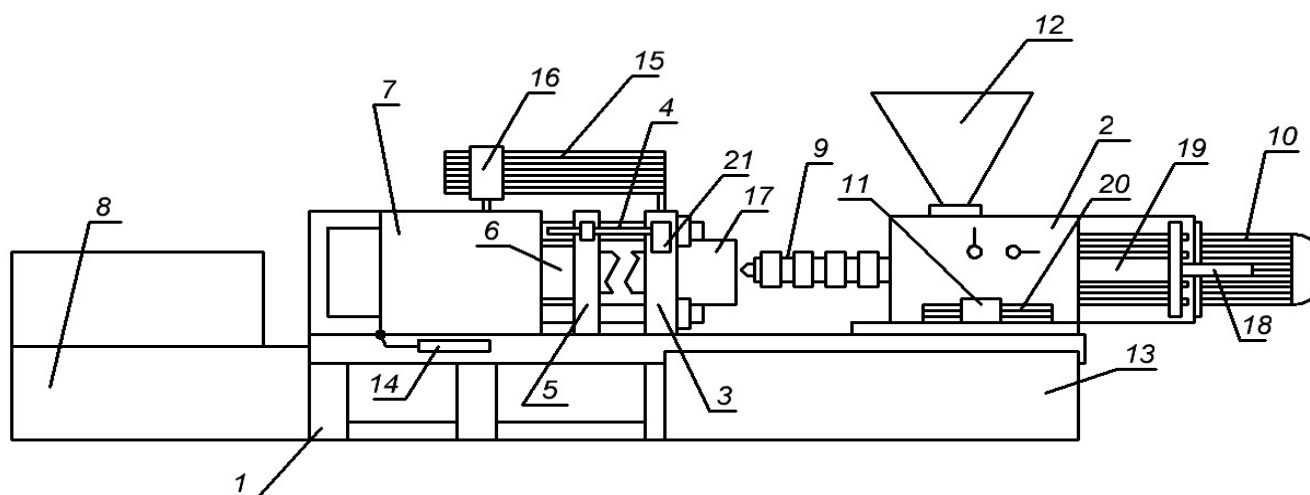


Рис. 4. Общий вид литейной машины ЛПД-500/160

1 — станина, 2 — редуктор узла впрыска, 3 — неподвижная плита узла смыкания, 4 — направляющие колонки узла смыкания, 5 — подвижная плита узла смыкания, 6 — главный гидроцилиндр подвижной плиты, 7 — ограждения пространства прессформы, 8 — гидростанция, 9 — цилиндр пластикации, 10 — электродвигатель шнека цилиндра пластикации, 11 — блок датчиков положения узла впрыска, 12 — загрузочный бункер, 13 — шкаф управления, 14 — блок датчиков ограждения прессформы, 15 — рейка установки маяков для датчиков подвижной плиты, 16 — блок датчиков подвижной плиты, 17 — ограждение узла впрыска, 18 — шток гидроцилиндра впрыска с датчиком положения, 19 — гидроцилиндр впрыска, 20 — рейка установки маяков для датчиков положения узла впрыска, 21 — блок датчиков высоты прессформы и высокого давления.

бочими механизмами машины осуществляются за счёт включения соответствующих клапанов на гидрораспределителях. Положение рабочих механизмов машины определяется срабатыванием соответствующих датчиков на командоаппаратах, расположенных по периферии машины, которые являются частью системы управления.

Промышленное оборудование подобного типа имеет примерно одинаковое устройство. В своем составе они содержат следующие основные узлы: несущую раму, узел смыкания прессформы, узел впрыска и гидростанцию. На рисунке 4 схематично представлен более подробно общий вид машины ЛПД 500/160 с пояснениями деталей машины.

Работа ЛПД 500/160 осуществляется в четырех режимах: наладочный режим, ручной режим, полуавтоматический режим и автоматический режим. Каждый режим работы имеет свои отличительные особенности поэтому программа пользователя для ПЛК110–24.60.PM содержит подпрограммы этих режимов работы, которые вызываются в главную программу для циклической обработки.

Наладочный режим используется в момент установки прессформы и наладки производства нового изделия.

В этом режиме все рабочие органы машины совершают движения только с одной скоростью и только в момент нажатия кнопок на пульте оператора. Движение рабочих органов прекращаются, когда кнопка отпущена или когда сработает соответствующий датчик ограничения.

Режим ручного прессования запускает в работу каждый механизм машины с соответствующей кнопки пульта оператора и с поддержкой давления в рабочем механизме на протяжении полного цикла литья. Данный режим позволяет запускать технологический процесс литья под давлением поэтапно после нажатия соответствующих кнопок на пульте оператора. Такой режим используется во время отладки нового изделия или подготовки к автоматическому или полуавтоматическому режиму литья. Для запуска ручного режима необходимым разрешающим сигналом является маркер прогретого цилиндра пластикации, наличия сигналов: закрытия ограждения узла впрыска, ограждение пространства прессформы, толкатель убран.

Полуавтоматический режим характеризуется запуском одного полного цикла литья под давлением либо с кнопки смыкания прессформы или импульсом с датчика закрытия ограждения прессформы. В данном режиме имеет значение исходное состояние машины. Исходное состояние машины подготавливается в ручном режиме.

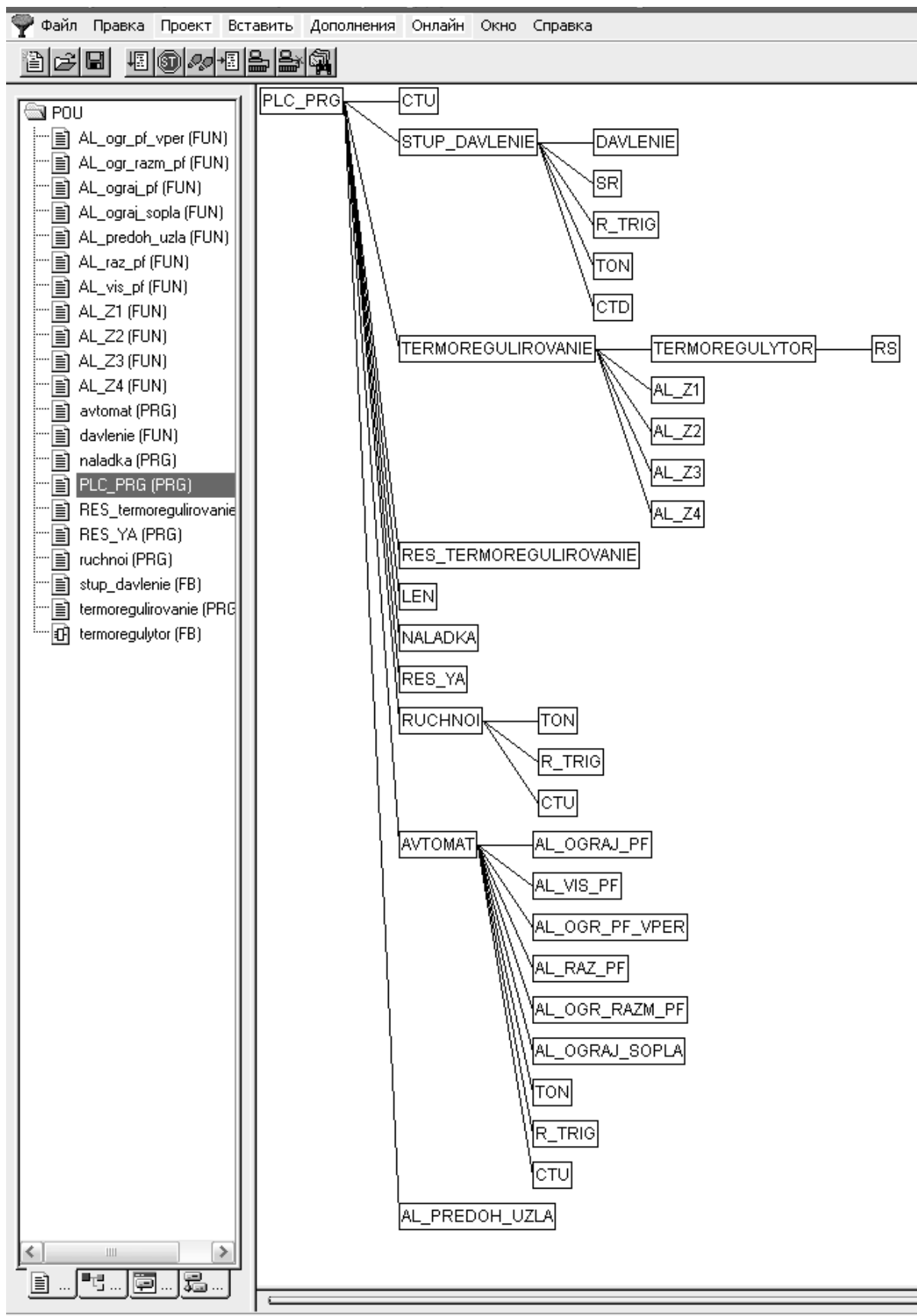


Рис. 5. Рабочее окно проекта с деревом вызовов

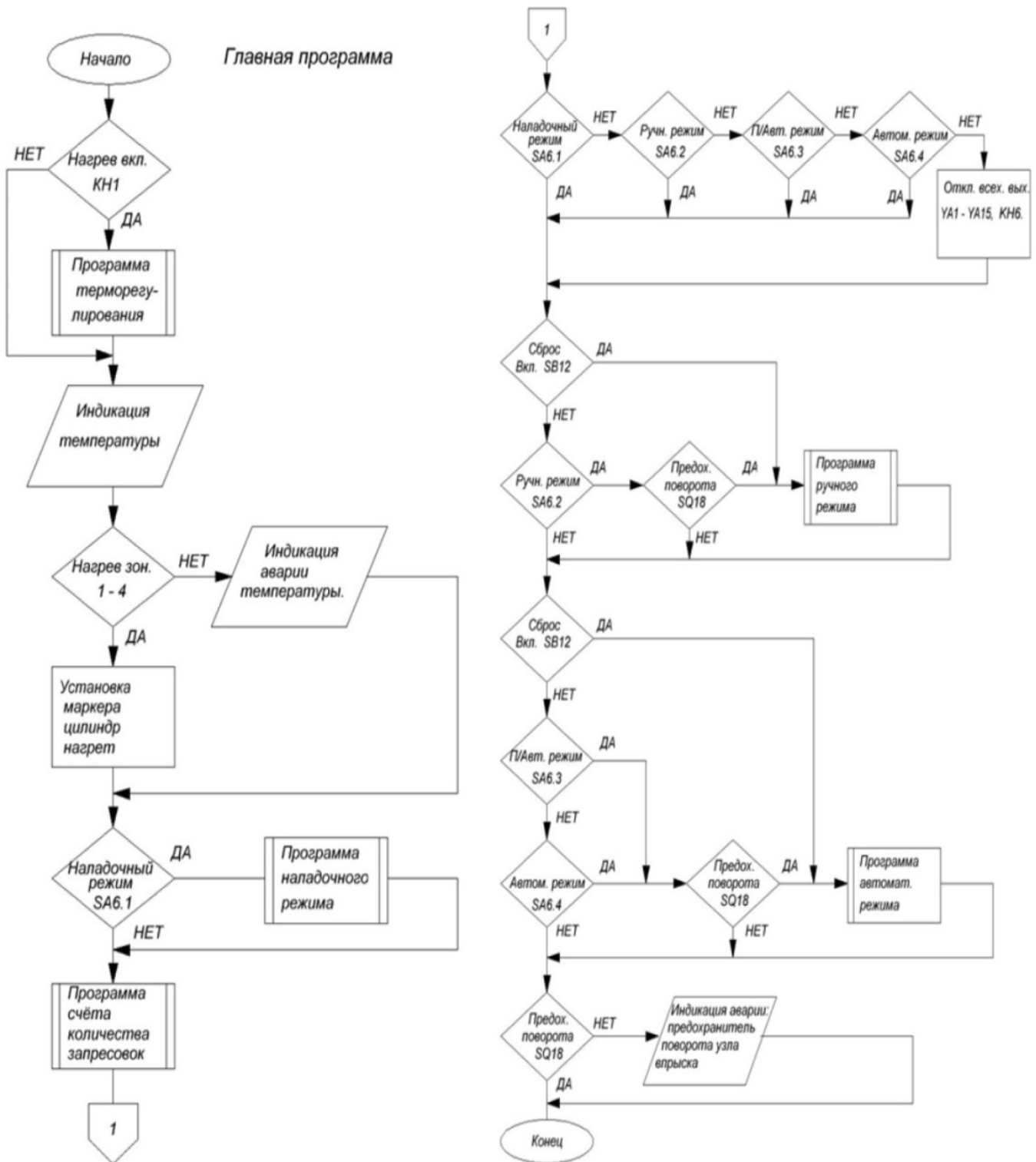


Рис. 6. Алгоритм работы главной программы

Разрешающими сигналами для запуска полуавтоматического и автоматического режимов служат, сигнала с датчиков: прессформа раскрыта (подвижная плита находится в исходном положении), материал набран в цилиндре пластикации (шток гидроцилиндра выдвинут), ограждение узла впрыска закрыто, ограждение пространства прессформы закрыто, толкатель убран, цилиндр пластикации прогрет. В конце цикла литья после экстракции изделия из прессформы толкатель убирается, и машина приходит в режим ожидания новой команды запуска литья.

Автоматический режим работы отличается от полуавтоматического тем что машина работает непрерывно по таймеру, не ожидая команд от оператора.

Для обеспечения всех режимов работы литьевой машины на рисунке 5 представлена структура программы ПЛК110–24.60.РМ в среде Codesys v2.3.

Как видно из рисунка программа в своем составе содержит 21 программный элемент — это функции, функциональные блоки и подпрограммы, вызываемые в главную программу при различных условиях.

На начальных этапах написания программы, в соответствии с технологией литья, составляется алгоритм работы станка. На рисунке 6 приведен алгоритм работы главной программы. На диаграмме изображены вызовы подпрограмм: терморегулирования, наладочного режима работы, ручного режима работы, программа подсчёта количества запресовок, автоматического режима работы. В программе пользователя отсутствует как самостоятельный элемент подпрограмма полуавтоматического режима прессования, его функции выполняет подпрограмма автоматического режима работы с применением условий полуавтоматического режима. Программа терморегулирования узла пластикации обеспечивает терморегулирование четырех зон нагрева с применением метода двухпозиционного регулирования. Для этого в функциональный блок «TERMOREGULYTOR» вызываются соответствующие экземпляры (рисунок 5).

Помимо всего того что обеспечивает технологию процесса литья в программе предусмотрены блокировки обеспечивающие безопасную работу оператора.

Часть кода работы главной программы приведена ниже.

Листинг
главной программы

```
PROGRAM PLC_PRG
VAR
```

```
stup_davlen:=stup_davlenie;(* объявление экземпляра
функционального блока выдержки под давлением*)
schet_zapresovok:=STU; (*библиотечный функциональный блок- суммирующий счётчик*)
END_VAR
```

```
(*ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО МОДУЛЯ ВВОДА МВ110–16ДН*)
```

```
ograj_pf_sq:=m_in.0; (*Побитная распиновка регистра 51(регистра входов)*)
ogr_skor_pf_sq:=m_in.1;
uvel_skor_pf_sq:=m_in.2;
zamed_skor_pf_sq:=m_in.3;
ogr_pf_vper_sq:=m_in.4;
vis_dav_res_sq:=m_in.5;
ogr_razm_pf_sq:=m_in.6;
vis_dav_sq:=m_in.7;
predohran_sq:=m_in.8;
podscok_sq:=m_in.9;
vis_pf_sq:=m_in.10;
kon_vprisk_sq:=m_in.11;
kon_nabora_sq:=m_in.12;
ogr_pod_sq:=m_in.13;
ogr_otvod_sq:=m_in.14;
avar_otvod_sq:=m_in.15;
```

```
(*ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ ПРИХОДЯЩЕЙ С ПАНЕЛИ ОПЕРАТОРА*)
```

```
R_schet_zap:=in1.4;(*сброс счётчика запресовок*)
```

```
(*ОТРАБОТКА ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМЫХ ПЕРЕМЕННЫХ*)
(*ЗАПИСЬ В ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМУЮ ПАМЯТЬ ИЗ РЕГИСТРОВ ПАНЕЛИ ОПЕРАТОРА*)
```

```
UZ1:=UZ1_;
UZ2:=UZ2_;
UZ3:=UZ3_;
UZ4:=UZ4_;
DZ1:=DZ1_;
DZ2:=DZ2_;
DZ3:=DZ3_;
DZ4:=DZ4_;
A_HI_Z1:=A_HI_Z1_;
A_HI_Z2:=A_HI_Z2_;
A_HI_Z3:=A_HI_Z3_;
A_HI_Z4:=A_HI_Z4_;
A_LO_Z1:=A_LO_Z1_;
A_LO_Z2:=A_LO_Z2_;
A_LO_Z3:=A_LO_Z3_;
A_LO_Z4:=A_LO_Z4_;
T1_Ust:=T1_Ust_;
T2_Ust:=T2_Ust_;
T3_Ust:=T3_Ust_;
T4_Ust:=T4_Ust_;
T5_Ust:=T5_Ust_;
kontrol_cikla_Ust:=kontrol_cikla_Ust_;
```



```

Time_davlenn:=Time_davlenn_;
Ust_N_Stup:=Ust_N_Stup_;
Ust_schet_ogr_razm:=Ust_schet_ogr_razm_;

(* РАБОТА С ТЕРМОРЕГУЛЯТОРОМ*)
IF ON_temp (*если нагрев включен то вызывается
программа termoregulirovanie*)
THEN termoregulirovanie; (* программа терморегули-
рования*)
ELSE RES_termoregulirovanie; (* в противном случае
происходит сброс всех выходов с терморегулирования*)
END_IF (*через вызов программы сброса*)

(*ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПАНЕЛЬ
ОПЕРАТОРА ИП320*)
Z1_:=Z1;(*1 ЗОНА НАГРЕВА С МОДУЛЯ ВВОДА НАПА-
НЕЛЬ ОПЕРАТОРА*)
Z2_:=Z2;(*2 ЗОНА НАГРЕВА С МОДУЛЯ ВВОДА НАПА-
НЕЛЬ ОПЕРАТОРА*)
Z3_:=Z3;(*3 ЗОНА НАГРЕВА С МОДУЛЯ ВВОДА НАПА-
НЕЛЬ ОПЕРАТОРА*)
Z4_:=Z4;(*4 ЗОНА НАГРЕВА С МОДУЛЯ ВВОДА НАПА-
НЕЛЬ ОПЕРАТОРА*)

(*ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ВРЕМЕНИ НА ПАНЕЛЬ ОПЕРА-
ТОРА ИП320(передается целое + 1 знак после запятой*)
T1_tekuch_:=TRUNC((TIME_TO_REAL(T1_
tekuch))*0.01);(*время предохранение п.ф*)
T2_tekuch_:=TRUNC((TIME_TO_REAL(T2_
tekuch))*0.01);(*время декомпрессии*)
T3_tekuch_:=TRUNC((TIME_TO_REAL(T3_
tekuch))*0.01);(*время впрыска*)
T4_tekuch_:=TRUNC((TIME_TO_REAL(T4_
tekuch))*0.01);(*время набора (пластикация) *)
T5_tekuch_:=TRUNC((TIME_TO_REAL(T5_
tekuch))*0.01);(*время охлаждение *)
tekuch_davlenn_:= TRUNC((TIME_TO_REAL(tekuch_
davlen))*0.01);(*время выдержки под давлением *)
kontrol_cikla_tekuch_:=TRUNC((TIME_TO_
REAL(kontrol_cikla_tekuch))*0.01);(*время контроля цик-
ла*)

(*ПЕРЕДАЧА КОДОВ АВАРИЙНЫХ СИГНАЛОВ НА ПА-
НЕЛЬ ОПЕРАТОРА ИП320 ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ДИНА-
МИЧЕСКОГО ТЕКСТА*)
AZ1_:= (SHR((LEN(AZ1)),3));(*определяем длину стро-
ковой переменной и уменьшаем величину полученного
выражения*)
AZ2_:= (SHR((LEN(AZ2)),3)); (* получаем: «низкая тем-
пература зон нагрева» = 3,» перегрев зон» = 2, « обрыв
термопары» = 4 *)
AZ3_:= (SHR((LEN(AZ3)),3)); (* «отсутствие аварии» =0
*)
AZ4_:= (SHR((LEN(AZ4)),3));
(*выражение принимает значение 1, при наличии
аварии и 0 при её отсутствии*)

```

```

A_CIKL_:= (SHR((LEN(A_CIKL)),4)); (*ВЫВОД НА ПАНЕЛЬ
ОПЕРАТОРА КОДА АВАРИЙНОГО СИГНАЛА — ВРЕМЯ
ЦИКЛА*)
A_PRED_:= (SHR((LEN(A_PRED)),5)); (*ВЫВОД НА ПА-
НЕЛЬ ОПЕРАТОРА КОДА АВАРИЙНОГО СИГНАЛА — ПРЕ-
ДОХРАНЕНИЯ ПРЕССФОРМЫ *)
A_VPRISK_:= (SHR((LEN(A_VPRISK)),4)); (*ВЫВОД НА ПА-
НЕЛЬ ОПЕРАТОРА КОДА АВАРИЙНОГО СИГНАЛА — ВРЕ-
МЯ ВПРЫСКА*)
A_NAVOR_:= (SHR((LEN(A_NAVOR)),4)); (*ВЫВОД НА
ПАНЕЛЬ ОПЕРАТОРА КОДА АВАРИЙНОГО СИГНАЛА —
ВРЕМЯ НАБОРА*)
AL_ograjdenie_pf_:= (SHR((LEN(AL_ograjdenie_pf)),5));
(* ВЫВОД НА ПАНЕЛЬ ОПЕРАТОРА КОДА АВАРИЙНОГО
СИГНАЛА — ОГРАЖДЕНИЕ ПРЕССФОРМЫ *)
AL_visota_pf_:= (SHR((LEN(AL_visota_pf)),4)); (* ВЫВОД
НА ПАНЕЛЬ ОПЕРАТОРА КОДА АВАРИЙНОГО СИГНАЛА —
ВЫСОТА ПРЕССФОРМЫ*)
AL_ogranichenie_pf_vp_:= (SHR((LEN(AL_
ogranichenie_pf_vp)),5));(* ВЫВОД НА ПАНЕЛЬ ОПЕРАТО-
РА КОДА АВАРИЙНОГО СИГНАЛА — ОГРАНИЧЕНИЕ СМЫ-
КАНИЯ ПРЕССФОРМЫ*)
AL_razmikanie_:= (SHR((LEN(AL_razmikanie)),4));(* Вы-
ВОД НА ПАНЕЛЬ ОПЕРАТОРА КОДА АВАРИЙНОГО СИГНА-
ЛА — РАЗМЫКАНИЕ ПРЕССФОРМЫ ОПЕРАТОРОМ*)
AL_polojenie_pf_:= (SHR((LEN(AL_polojenie_pf)),5)); (*
ВЫВОД НА ПАНЕЛЬ ОПЕРАТОРА КОДА АВАРИЙНОГО СИГ-
НАЛА — НАЧАЛЬНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПРЕССФОРМЫ*)
AL_ograjdenie_sopla_:= (SHR((LEN(AL_ograjdenie_
sopla)),4));(*ВЫВОД НА ПАНЕЛЬ ОПЕРАТОРА КОДА АВА-
РИЙНОГО СИГНАЛА — ОГРАЖДЕНИЕ СОПЛА НЕ ЗАКРЫ-
ТО*)
AL_predoh_povorota_:= (SHR((LEN(AL_predoh_
povorota)),4)); (*ВЫВОД НА ПАНЕЛЬ ОПЕРАТОРА КОДА
АВАРИЙНОГО СИГНАЛА — ПРЕДОХРАНИТЕЛЬ ПОВОРОТА
УЗЛА ВПРЫСКА *)

(*ПЕРЕДАЧА СИГНАЛОВ С ДИСКРЕТНЫХ ДАТЧИКОВ
НА ПАНЕЛЬ ОПЕРАТОРА*)
out1.0:=vis_dav_res_sq; (*КОНЦЕВИК СБРОСА ВЫСО-
КОГО ДАВЛЕНИЯ*)
out1.1:=vis_dav_sq; (*КОНЦЕВИК ВКЛЮЧЕНИЯ ВЫСО-
КОГО ДАВЛЕНИЯ*)
out1.2:=ogr_pf_vper_sq; (*КОНЦЕВИК ОГРАНИЧЕНИЕ
ПРЕССФОРМЫ ВПЕРЕД*)
out1.3:=ograj_pf_sq; (*КОНЦЕВИК ОГРАЖДЕНИЕ
ПРЕССФОРМЫ ЗАКРЫТО*)
out1.4:=vis_pf_sq; (*КОНЦЕВИК ВЫСОТА ПРЕССФОР-
МЫ*)
out1.5:= ogr_razm_pf_sq; (* КОНЦЕВИК ОГРАНИЧЕНИЕ
РАЗМЫКАНИЯ ПРЕССФОРМЫ*)
out1.6:= ogr_skor_pf_sq; (*КОНЦЕВИК ОГРАНИЧЕНИЕ
СКОРОСТИ ПРЕССФОРМЫ ПРИ СМЫКАНИИ*)
out1.7:=ogr_pod_sq; (*КОНЦЕВИК ОГРАНИЧЕНИЕ
ПОДВОДА СОПЛА*)

```

```

out1.8:=ogr_otvod_sq; (* КОНЦЕВИК ОГРАНИЧЕНИЕ
ОТВОДА СОПЛА*)
out1.9:=avar_otvod_sq; (*АВАРИЙНОЕ ОГРАНИЧЕНИЕ
ОТВОДА СОПЛА*)
out1.10:=kon_vprisk_sq; (*КОНЦЕВИК ОКОНЧАНИЕ
ВПРЫСКА*)
out1.11:=kon_nabora_sq; (*КОНЦЕВИК КОНЕЦ НАБО-
РА*)
out1.12:=podscok_sq;(* КОНЦЕВИК ОСТАНОВКА П.Ф
ПРИ ПОДСКОКЕ ВПЕРЕД*)
out1.13:= predohran_sq;(*КОНЦЕВИК НАЧАЛО ПРЕДО-
ХРАНЕНИЯ П.Ф*)
out1.14:= uvel_skor_pf_sq; (* УВЕЛИЧЕНИЕ СКОРОСТИ
ПРИ РАЗМЫКАНИИ ПРЕССФОРМЫ*)
out1.15:= zamed_skor_pf_sq;(* УМЕНЬШЕНИЕ СКОРО-
СТИ ПРИ РАЗМЫКАНИИ ПРЕССФОРМЫ*)
out2.0:= predoh_povorota_sq;(* ПРЕДОХРАНИТЕЛЬ
ПОВОРОТА УЗЛА ВПРЫСКА*)
out2.1:=ograj_s_zak_sq; (*ОГРАЖДЕНИЕ СОПЛА ЗА-
КРЫТО *)
out2.2:=davl_sopla_sq;(* ДАТЧИК ДАВЛЕНИЯ ПРИЖА-
ТИЯ СОПЛА*)
out2.3:=OK_temp; (*ЦИЛИНДР ПЛАСТИКАЦИИ НА-
ГРЕТ*)
out2.4:=AVARIY; (*АВАРИЙНЫЙ СИГНАЛ НА ПАНЕЛИ
ОПЕРАТОРА*)

(*ВЫЗОВ ПРОГРАММЫ НАЛАДОЧНОГО РЕЖИМА*)
IF naladka_sa (*если включен переключатель: нала-
дочный режим*)
THEN naladka; (*то вызывается программа наладочно-
го режима naladka*)
END_IF

(*СБРОС ВСЕХ ВЫХОДОВ*)
IF NOT (naladka_sa OR ruchnoi_sa OR avtomat_sa OR
pol_avtomat_sa)(*если не включен не один режим*)
THEN RES_YA; (*сброс всех выходов *)
END_IF

(*ВЫЗОВ ПРОГРАММЫ РУЧНОГО РЕЖИМА*)
IF (ruchnoi_sa AND predoh_povorota_sq) OR reset_sb
(*если включен переключатель: ручной режим или на-
жата кнопка сброс*)
THEN ruchnoi; (*то вызывается программа ручного
режима либо для работы, либо для сброса параметров
в ручном режиме*)
END_IF

(*ВЫЗОВ ПРОГРАММЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ИЛИ ПО-
ЛУАВТОМАТИЧЕСКОГО РЕЖИМА*)
IF((avtomat_sa OR pol_avtomat_sa) AND predoh_
povorota_sq) OR reset_sb (*если включен хотя бы один
переключатель: автоматический или полуавтоматиче-
ский режим*)

```

```

THEN avtomat; (* или нажата кнопка сброс то вызы-
вается программа автоматического режима с функцией
полуавтоматического режима либо для работы, либо для
сброса*)

```

```

END_IF (* параметров в автоматическом и полуавто-
матическом режиме*)

```

```

(* ВКЛЮЧЕНИЕ АВАРИЙНОГО СИГНАЛА ПРЕДОХРА-
НИТЕЛЯ ПОВОРОТА УЗЛА ВПРЫСКА*)

```

```

AL_predoh_povorota:= AL_predoh_uzla(NOT predoh_
povorota_sq); (*предохранитель поворота — включение
аварии когда узел впрыска не наместит*)

```

```

(*ВКЛЮЧЕНИЕ АВАРИЙНОГО ИНДИКАТОРА НА ПАНЕ-
ЛИ ОПЕРАТОРА*)

```

```

AVARIY:= SIGNAL_AL_ OR A_temp OR A_predohr_ruch
OR (NOT predoh_povorota_sq) OR (NOT ograj_pf_sq) OR
(NOT ograj_s_zak_sq) OR (NOT vis_pf_sq)OR ogr_pf_vper_
sq;

```

```

(*СЧЁТ КОЛИЧЕСТВА ЗАПРЕСОВОК (впрысков*)

```

```

schet_zapresovok(CU:=vprisk_ya, RESET:= R_schet_zap,
CV=> schet_zapres_OUT);

```

```

(*ВЫЗОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО БЛОКА РЕГУЛИРОВКИ
ДАВЛЕНИЯ ПРИ ВПРЫСКЕ ИЛИ ВЫДЕРЖКИ ПОД ДАВЛЕ-
НИЕМ*)

```

```

(*ВХОДНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ*)

```

```

stup_davlen.ustavka:=Ust_N_Stup; (*уставка количе-
ства ступеней давления*)

```

```

stup_davlen.ruch:= ruchnoi_sa; (*режим работы- руч-
ной*)

```

```

stup_davlen.nalad:= naladka_sa;(*режим работы- на-
ладочный*)

```

```

stup_davlen.avtom:= avtomat_sa;(*режим работы- ав-
томатический или полуавтоматический*)

```

```

stup_davlen.vprisk:= vprisk_ya; (* клапан впрыска
включен*)

```

```

stup_davlen.stup_davleniy:= stupen_sa; (*включен ре-
жим ступенчатого давления*)

```

```

stup_davlen.time_dav:= Time_davlen; (*установка вре-
мени выдержки под давлением*)

```

```

stup_davlen.kon_vpriska:= kon_vprisk_sq; (*произо-
шло окончание впрыска с переходом на выдержку под
давлением*)

```

```

(*ВЫХОДНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ*)

```

```

stup_davlen(ya1=> stupen1); (*чтение ступеней давле-
ния*)

```

```

stup_davlen(ya2=> stupen2);

```

```

stup_davlen(ya3=> stupen3);

```

```

stup_davlen(ya4=> stupen4);

```

```

stup_davlen(ya5=> stupen5);

```

```

stup_davlen(ya6=> stupen6);

```

```

stup_davlen(ya7=> stupen7);

```

```
stup_davlen(ya8=> stupen8);
stup_davlen(ya9=> stupen9);
stup_davlen(schet_OUT_ => N_stup); (*выход на экран
значения количества ступеней давления*)
```

Замена системы управления станка вызвала необходимость создания новых электрических принципиальных и монтажных схем. В результате проделанной работы шкаф управления литьевой машины стал значительно компактней. Отпала необходимость использования дополнительного шкафа с советской электроникой «МИКРО 902» который занимал дополнительную полезную площадь.

Выводы

В данной работе кратко изложены этапы создания программы пользователя в среде Codesys v2.3 для программируемых логических контроллеров ПЛК110–24.60.P.M, при выполнении ремонтных работ системы управления литьевой машины ЛПД 500/160. Материал данной статьи нацелен на закрепление теоретических и практических познаний в области средств автоматизации и программирования программируемых логических контроллеров. Данная работа полностью реализована на практике и может быть полезна разработчикам АСУ ТП при ремонте литьевых машин подобного класса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шишов О.В. Современные технологии промышленной автоматизации: учебное пособие / О.В. Шишов. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2009. — 280 с.
2. Шишов О.В. «Программируемые контроллеры в системах промышленной автоматизации» / О.В. Шишов. — Саранск, 2014. — 448 с.
3. Н.И. Чернявский. «Элементы электрических схем». Ч. 1. / Альбом стандартизованных условно графических и буквенных обозначений: Методические указания по оформлению лабораторных, курсовых и дипломных работ для студентов специальности «Промышленная электроника», — Тольятти: НГУ, 2007. — 61 с. <https://docs.yandex.ru/docs/>
4. Программирование программируемых логических контроллеров ОВЕН ПЛК110 и ПЛК160. Руководство пользователя. Версия 1.9. Москва 2010. <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=16>
5. «Руководство пользователя по программированию ПЛК в среде CoDeSys 2.3». ПК Пролог. Смоленск 2006 г. <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1638>
6. Паспорт 70620.002.22.000ПС. Разработано: ОКБ РПО «Электромеханика» 1989 г.
7. Машина для литья под давлением термопластичных материалов. Модель ЛПД-500/160. Руководство по эксплуатации 70620.002.00.000РЭ. Савеловское производственное объединение «Прогресс» 1989 г.
8. Система управления PLAS-S руководство оператора 501.00050–01~<34~<01~<1991 г.
9. Официальный сайт компании «Овен» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: www.owen.ru.
10. Освальд Т., Турнг Л.-Ш., Грэмманн П. Дж., «Литье пластмасс под давлением» под ред. Э.Л. Калинчева, ISBN: 5–93913–067–4, Изд-во: «ЦОП Профессия» 2005–712 с. <https://plastinfo.ru>

© Русаков Максим Геннадьевич (e10e00@mail.ru),

Евдокимов Александр Сергеевич (evd15@list.ru), Занкин Александр Иванович (zankin_ai@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»