



АВТОМАТИЗАЦИЯ

в промышленности

Тема номера:

Производственные автоматизированные системы управления

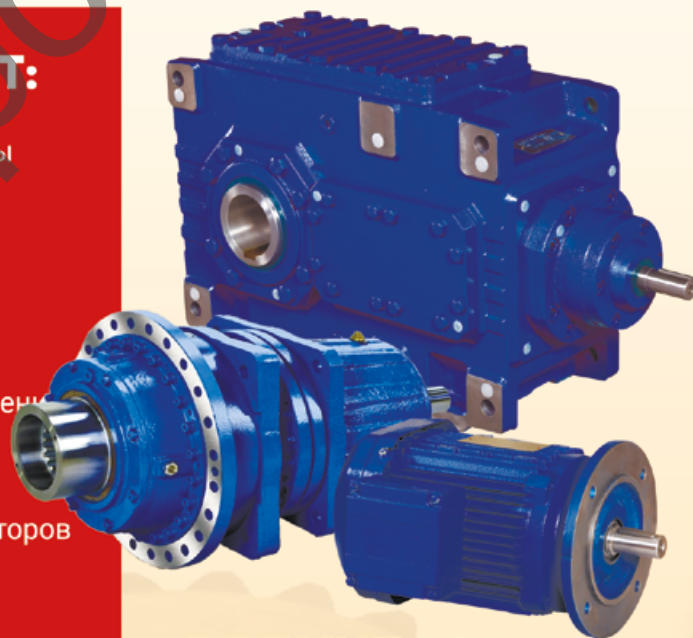


**НТЦ «РЕДУКТОР»
30 ЛЕТ И 3 ГОДА
НА РЕДУКТОРНОМ
РЫНКЕ РОССИИ**



НТЦ «РЕДУКТОР» ПРЕДЛАГАЕТ:

- **Реинжиниринг** — выезд специалистов на заводы для реверсинжиниринга. Проектирование и изготовление редукторов по зарубежным образцам
- **Импортозамещение** — подбор и изготовление аналогов зарубежных редукторов
- **Редукторные инновации** — создание и изготовление новых редукторов, превосходящих зарубежные по эксплуатационным свойствам
- **Модернизация** зарубежных и российских редукторов с повышением их эксплуатационных свойств
- **Ремонт** зарубежных и российских редукторов всех типоразмеров
- **Изготовление** запасных частей редукторов
- **Сервисное обслуживание** редукторного парка заказчика — создание и поддержание обменного фонда редукторов и запчастей к ним для быстрой замены и ремонта вышедших из строя редукторов
- **Изготовление** редукторов и других изделий по чертежам и образцам заказчика



РЕДУКТОРЫ СЕРИИ 6-ES

одно из лучших решений
импортозамещения
зарубежных редукторов
для промышленных
предприятий России

ПРИГЛАШАЕМ СПЕЦИАЛИСТОВ ПОСЕТИТЬ НАШЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

+7 (812) 777-89-00
+7 (800) 555-68-69

info@6-es.ru
ntcreduktor@gmail.com



Реклама



АВТОМАТИЗАЦИЯ в промышленности

Учредители:

ООО Издательский дом
"ИнфоАвтоматизация"

Журнал зарегистрирован в Министерстве
РФ по делам печати, телерадиовещания
и средств массовых коммуникаций
Свидетельство о регистрации ПИ № 77-13085

Входит в списки научных журналов ВАК
Министерства образования РФ.

Подписные индексы:
электронный каталог
"Почта России" – П7753

Главный редактор

АРИСТОВА Н.И.

Редакционная коллегия:

Аристова Н.И., д.т.н., Бажанов В.Л., к.т.н.,
Балабанов А.В., д.т.н., Бернер Л.И., д.т.н.,
Васильев Н.П., к.т.н., Данилов А.А., д.т.н.,
Деревяго Е.В., Денисова Л.А., д.т.н.,
Дозорцев В.М., д.т.н., Егоров Е.В., к.ф.-м.н.,
Жиров М.В., д.т.н., Захаров Н.А., к.т.н.,
Зилов М.О., к.т.н., Касимов А.М., д.т.н.,
Калашников А.А., к.т.н., Калянов Г.Н., д.т.н.,
Кондусова В.Б., д.т.н., Коростелев А.Я., к.т.н.,
Крошкин А.Н., к.т.н., Лившиц И.И., д.т.н.
Мартинев Г.М., д.т.н., Мещеряков В.А., д.т.н.,
Мошаров В.Е., д.т.н., Мякишев Д.В., к.т.н.,
Новиков Л.В., д.ф.-м.н., Павлов Б.В., д.т.н.,
Перцовский М.И., к.ф.-м.н., Пронякин В.И., д.т.н.,
Рапопорт Л.Б., д.ф.-м.н., Решетников И.С., к.т.н.,
Торашов А.Ю., д.т.н., Хоботов Е.Н., д.т.н.,
Целищев Е.С., д.т.н., Чадеев В.М., д.т.н.,
Яковис Л.М., д.т.н.

Материалы, опубликованные в настоящем
журнале, не могут быть полностью или
частично воспроизведены без письменного
разрешения редакции.

Мнение редакции не всегда совпадает
с мнением авторов материалов.

За достоверность сведений, представленных
в журнале, ответственность несут авторы статей
и рекламодатели.

Адрес редакции:

117997, Москва, ул. Профсоюзная, 65,
ИПУ РАН, офис 360.

Телефоны: (926) 212-60-97

E-mail: avtprom@ipu.ru

info@avtprom.ru

http://www.avtprom.ru

ISSN 1819-5962

Подписано в печать 15.10.2024

Формат 60x88 1/8. Бумага кн.-журн.

Печать офсетная

Заказ 10/24

Отпечатано в типографии

"Медиа Гранд"

СОДЕРЖАНИЕ

Искусственный интеллект для промышленных предприятий

Дозорцев В.М., Аносов А.А., Баулин Е.С., Городнова М.В., Коростелев А.Я.,
Сластенов И.В. Искусственный интеллект в задачах управления
химико-технологическими процессами 3

Алгоритмическое и программное обеспечение систем автоматизации

Задиран К.С., Щербаков М.В. Прогнозирование редких событий при оценке
остаточного ресурса оборудования 10

Черешко А.А., Бахтадзе Н.Н., Кушнарев В.Н., Елпашев Д.В.

Метод проактивного управления сложными многосвязными объектами
на основе цифровых ассоциативных моделей 16

Технические средства автоматизации

Костенко А.В. Метод унификации типов пневмораспределителей 19

Производственные автоматизированные системы

Дозорцев В.М., Максименков В.Н., Власов А.К. Нормативно-описательный
метод автоматического оценивания действий операторов
технологических процессов 24

Мостиков Н.А., Винокуров А.О., Фильченков А.А., Захарова А.А.

Робототехнический комплекс для автоматизированной покраски
поверхностей судов 33

Бредихин А.В., Данилов А.Д., Веркошанский Д.Е., Сокольников В.В.

Интеллектуальная система диспетчеризации многономенклатурных
производств в режиме реального времени 38

Проконьев А.П., Набижанов Ж.И., Большаков А.А. Аппаратно-программный
комплекс интеллектуальной системы контроля плотности асфальтобетонной
смеси для вибрационных катков 44

Хамитов Р.Н., Казымов И.М., Компанец Б.С. Перспективы использования
профиля мощности потребителей электрической энергии, выполненного
на основании интегральных, интервальных и текущих показаний
приборов учёта 49

Системы автоматизированного проектирования

Кугаевский С.С., Старостин А.П. Разработка специализированного
конструктивно-технологического элемента в среде CAM 53

Применение средств автоматизации

Воронов И.А. Система управления проектами на предприятии
угольной отрасли 59

Глуховской В.А., Чеглаков Е.Л., Сысоев А.Н., Малахов А.И.

Применение комплексов цифровой радиогрaфии для выявления дефектов
кольцевых сварных соединений трубопроводов 62



ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

М.М. Дозорцев, А.А. Аносов, Е.С. Баулин,
М.В. Городнова, А.Я. Коростелев, И.В. Слостенов (Группа Рубитех)

Искусственный интеллект (ИИ) – всепроникающий тренд нового столетия. Интерес к нему, как и его влияние на все стороны современной жизни, огромны. Это касается и промышленности, в том числе топливно-энергетического комплекса и химии. В автоматизации химико-технологических процессов (ХТП) у ИИ богатая полувековая история. Цель настоящего изложения – дать краткий исторический обзор темы, проанализировать особенности предметной области в контексте ИИ-подходов, обсудить перспективу развития эффективных ИИ-решений в различных областях автоматизации ХТП с фокусом на задачах, решаемых компанией «Центр цифровых технологий» (группа Rbytech) (ЦЦТ).

Ключевые слова: автоматизация управления химико-технологическими процессами, гибридное моделирование, нисходящая и восходящая парадигмы искусственного интеллекта, фундаментальное моделирование, искусственные нейронные сети.

Введение: что же такое ИИ?

Известно множество определений ИИ, но ни одно из них нельзя признать исчерпывающим или универсальным – слишком широка и разнообразна тема. Будем далее придерживаться прагматического понимания, по которому ИИ – это «изучение того, каким образом заставить компьютеры делать то, в чем на данный момент люди лучше» [1]. Разумеется, речь не идет о скорости вычислений – ясно, что машина способна обрабатывать объемы данных с производительностью, недоступной человеку, но не это предмет ИИ.

С компьютерных позиций ИИ – это приложение с набором алгоритмов, которое способно обучаться. Последнее свойство принципиально важно для ИИ, так же как адаптируемость (приспособляемость) к изменениям внешней среды важна для естественного человеческого интеллекта. Как и всякое программное приложение, ИИ получает и обрабатывает данные, анализирует их, находит и выводит решение.

Выделяют два принципиальных подхода к построению ИИ, основанных на разной идейной базе:

- нисходящая парадигма или «чистый» подход, когда «человеческие» принципы решения – так, как их понимают разработчики ИИ – реализуются с помощью машин. К этому направлению относят фреймворковые технологии, семантические сети, нечеткие вычисления и экспертные системы;

- восходящая парадигма или «грязный» подход, основанный на принципах живой природы. Например, искусственные нейронные сети строятся на моделировании естественных низкоуровневых процессов, происходящих в живом мозге. К восходящему ИИ относят и другие методы машинного обучения (МО): эволюционные вычисления (и, в частности, генетическое программирование), молекулярные вычисления (с использованием компьютеров, функционирующих как живые организмы или содержащих биологические компоненты), нейрокомпьютинг (использование специальных вычислительных систем

с большим числом параллельно работающих простых вычислительных элементов), а в последние годы и так называемый генеративный ИИ, порождающий данные разнообразной модальности на основе больших языковых моделей как источников обучающих данных.

Любая ИИ-система построена либо на одном из указанных подходов, либо на их объединении. Однако в широком обыденном восприятии именно МО и, прежде всего, искусственные нейронные сети и генеративные алгоритмы — это и есть ИИ. Такое убеждение — во многом результат «хайпа», поддерживаемого заинтересованными исследователями, разработчиками и поставщиками ИИ-решений. Но одно из негативных следствий этого ажиотажа — потеря интереса к «досетевым» направлениям ИИ, в рамках которых были получены серьезные практические результаты, в том числе в управлении ХТП, и к которым, уже на качественно новом уровне, часто возвращаются исследователи.

Краткая история ИИ в управлении ХТП

Выделим несколько характерных периодов развития и применения ИИ в задачах управления ХТП.

1. До 80-х гг. XX века: до широкого распространения современных компьютеров. ИИ-решения на этом этапе опирались на несколько традиционных подходов:

- *фреймовые технологии* [2] представляют знания, необходимые для управления объектом, в форме набора атрибутов и их значений. Это позволяет создавать логические цепочки, помогающие удобно извлекать закономерности из избыточной информации, генерировать новые предположения и находить решение проблемной ситуации;
- *семантические сети* [3] описывают структурное знание об объекте как набор признаков и связей между ними, обычно в виде ориентированного графа. Это позволяет интерпретировать структурное знание, например, методами сетевого шкалирования [4]. В отличие от фреймов семантические сети дают естественное представление объекта, что облегчает машинное понимание и обработку контента и метаданных;
- *нечеткие вычисления*, имитируя работу естественного интеллекта, учитывают имеющиеся неточности и неопределенности для качественной оценки анализируемых процессов [5].

Среди примеров ИИ-решений на этом этапе (в значительной степени эмпирических и основанных на эвристике) — проектирование технологических систем (синтез, планирование, оптимизация и управление рисками) [6].

2. 80-е гг.: эра экспертных систем (нисходящая парадигма). Экспертные системы (ЭС) — это искусственный аналог коллективного интеллекта сообщества экспертов в предметной области. Для создания ЭС необходимо извлечь и обработать сложно организованные экспертные знания и организовать специальные базы для их хранения. Решения, предлагаемые системой, вырабатываются с помощью различных механизмов вывода, например, упомянутых

семантических сетей и нечетких вычислений. На этой стадии были достигнуты серьезные успехи в диагностике неисправностей и анализе рисков в ХТП [7], в том числе на основе причинно-следственных связей в технологическом процессе [8–10].

3. Конец 80-х — 90-е гг. XX века: эра искусственных нейронных сетей (ИНС, восходящая парадигма) [11]. Подобно биологическим нейронам, связанным друг с другом передающими нервными импульсами синапсами, сеть искусственных нейронов (входных, выходных и скрытых, объединенных в несколько промежуточных слоев) способна моделировать достаточно сложные процессы принятия решений. ИНС особенно эффективны в задачах распознавания образов, прогнозирования, классификации, кластеризации и оптимизации. На этой стадии к известным еще в 70-е годы сетям прямого распространения, в которых сигнал распространяется строго от входного к выходному слою перцептрона (кибернетической модели переработки информации мозгом), добавились сети обратного распространения ошибки, в которых при обновлении весов многослойного перцептрона сигнал ошибки передается в обратном направлении. Были сформулированы сверточные ИНС, чередующие слои для извлечения высокоуровневых признаков со слоями, нелинейно уплотняющими признаки, применяемые для распознавания изображений и многих других задач; а также рекуррентные ИНС для обработки последовательных данных, учитывающих контекст предыдущих данных.

Несмотря на обнадеживающие результаты, в том числе в задачах диагностики неисправностей с помощью ИНС [12], прорыва в ИИ-решениях для ХТП на указанных этапах не произошло, чему на то время имелось несколько причин:

- не было соответствующих вычислительных возможностей;
- не хватало данных (ХТП — вообще, не самый богатый источник «чистых», мало зашумленных данных¹);
- не сформировался рыночный запрос на ИИ: технологии фундаментального моделирования, усовершенствованного управления ТП, частично-целочисленного линейного программирования уже обеспечивали хорошие практические результаты, и разработчики направляли основные усилия на их совершенствование;
- еще не прошло времени, необходимого для вызревания серьезного научно-технического направления и, следовательно, возникновения технологического рывка (в трех перечисленных технологиях для этого понадобилось примерно по полвека).

4. 2000-е — по н/в: эра глубокого обучения. В середине 2000-х годов технически компьютеры стали достаточно мощными, чтобы обучать большие нейронные сети (вскоре вычисления научились делегировать видеокартам, что ускорило процесс обучения еще на целый порядок), наборы данных стали достаточно большими, чтобы обучение больших сетей имело смысл, а в математике нейронных

¹ В ХТП поведение объекта настолько разнообразно и подвержено влиянию столь большого числа наблюдаемых и ненаблюдаемых возмущений, что для построения надежных ИИ-решений требуется огромный объем данных, принципиально недоступный при имеющейся базе измерений. Неслучайны в этой связи попытки восполнить дефицит данных с помощью фундаментального моделирования [13].

сетей появился ряд важных инструментов регуляризации и оптимизации. Все это позволило применять на больших данных уже известные сверточные и рекуррентные сети, а позднее добавить к ним генеративно-состязательные сети, обучение с подкреплением и другие архитектуры. Именно на этом этапе произошло, наконец, существенное проникновение ИИ в предметную область ХТП для синтеза, проектирования, планирования, управления, оптимизации и анализа рисков производства. О наступлении эры генеративного ИИ в ХТП говорить преждевременно, хотя первые сигналы в этом направлении появляются [14].

Другой важный современный тренд — привлечение методов фундаментального моделирования автоматизируемых ХТП (в англоязычной литературе принято название *First Principal Modeling, FPM*). Фундаментальные модели (ФМ) отражают физические законы, по которым функционирует объект: баланс массы, энергии и состава, термодинамические соотношения, гидравлика жидкостей и газов, кинетика химических реакций и др. Поначалу ФМ в ИИ не использовались, хотя задолго до появления ИИ они играли важную роль в отрасли ХТП. С некоторой долей упрощения можно сказать, что в ФМ моделируют сам объект управления, а ИИ моделирует человека, управляющего объектом. В дальнейшем изложении предпринимается попытка показать, как ФМ и ИИ могут обогатить и усилить друг друга в рамках гибридного моделирования управляемого объекта. Далее будут описаны принципы гибридного моделирования и рассмотрены примеры его практического использования в задачах высокотехнологичной автоматизации ХТП, в том числе на основе опыта разработок компании ЦЦТ.

Идея гибридного моделирования в ХТП

Как и в других отраслях, разделяют описание ХТП с помощью ФМ (*Model-driven* — на основе моделей) и МО (*Data-driven* — на основе данных). Комбинации указанных типов приводят к гибридным моделям.

Уже упоминалось, что ХТП достаточно бедны с точки зрения порождения больших данных, но они хорошо описываются алгебра-дифференциальными уравнениями (термодинамика, перенос, кинетика, гидравлика). Кроме того, в ХТП накоплен существенный объем качественных знаний, например, суждения о причинно-следственных связях, принципиально важные в диагностике неисправностей, анализе рисков, в управлении аварийной сигнализацией и диспетчерском управлении. Для описания таких знаний в ряде случаев используются модели распространения отказов или диаграммы перехода состояний, которые тоже можно рассматривать как гибридные модели, если они основаны не только на данных, а и на физических законах и знаниях о конструкции оборудования.

В то же время ХТП не всегда можно описать только с помощью ФМ — получится долго, дорого и трудно из-за отсутствия требуемых для моделирования данных. В сложных нелинейных системах с неполными и/или нечеткими данными ФМ не могут воспроизвести явные взаимосвязи между причиной и следствием и не подходят для генерации объяснений причинно-следственного поведения.

Здесь и нужен гибридный подход, использующий как предписывающие модели — количественные (ФМ) и качественные (правила, семантические сети, пр.), так и модели, управляемые данными (ИНС, др.) [15].

ИИ, основанный на гибридном подходе, открывает путь к принципиально новому моделированию знаний. Нисходящая и восходящая парадигмы ИИ рассматриваются теперь как противопоставление и единство *редукции* (то есть объяснения сложных явлений с помощью законов, свойственных более простым явлениям) и *конструкционизма*, который понимается не как рутинное обнаружение скрытых закономерностей в огромных объемах данных, а как определение понятной математической структуры, объясняющей и предсказывающей поведение системы на основе фундаментальных принципов ее устройства. Такая структура не только предсказывает возникающие важные особенности системы, но и может объяснить, почему и как возникают эти особенности. Нынешним системам искусственного интеллекта с глубоким обучением не хватает этой способности [14].

Актуальные тенденции в ИИ для ХТП (построение онтологий знаний, моделирование взаимосвязей, семантические сети, пр.) особенно перспективны в проектировании материалов [16], разработке катализаторов [17], исследовании технологических операций и диагностике неисправностей [18], обучении персонала ХТП [13].

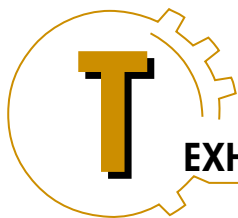
Перспективы гибридного моделирования в задачах управления ХТП

Анализ современных публикаций свидетельствует о многочисленных попытках использования элементов ИИ в управлении ХТП. Некоторые из них уже нашли практическое применение, другие пока не вышли из стадии теоретического анализа и модельных экспериментов. Далее рассмотрены несколько направлений автоматизации ХТП, к которым применим гибридный ИИ, в том числе развиваемых в ЦЦТ.

Дополнение высокоточного моделирования: суррогатные модели и модели пониженной точности

Высокоточное моделирование (ВТМ) — важнейший инструмент при проектировании и инжиниринге ХТП. Оно позволяет проверить процессы в самых разнообразных условиях функционирования, выявить их узкие места, оценить предельную производительность оборудования, получить информацию о характеристиках продукции до физической реализации или до планируемой модернизации ХТП. В то же время усложнение технологии и оборудования в некоторых случаях порождает трудности с использованием для этих целей ФМ процесса. Выделим два класса проблем: трудности построения теоретической модели и необходимость ускорения ее расчета.

• Пример первого класса — моделирование сложных каталитических реакций, зависящих от трудноопределимых свойств катализатора и его механического распределения в реакционном объеме [19, 20]. Получающиеся ФМ зависят в этом случае от огромного числа параметров, которые невозможно достоверно восстановить по имеющимся теоретическим представлениям. Однако, если имеется



Метод унификации типов пневмораспределителей

А.В. Костенко (ООО "ЭС ЭМ СИ Пневматик")

При проектировании пневматических систем наибольшую трудность представляет выбор распределителей с требуемыми расходными характеристиками и быстродействием. Многообразие распределителей повышает уровень сложности пневмосистем, увеличивает и усложняет процесс проектирования, а также приводит к необходимости иметь их запасы на складе потребителя, которые зачастую остаются не востребованными. Для решения проблемы разработан универсальный модульный распределитель с электроуправлением, позволяющий при параллельно-последовательном подключении модулей получать все типы распределителей. Решение — новый нестандартный тип золотникового, моностабильного (с «пневматической пружиной») распределителя $3^*/2$, подразумевающий наличие одного входящего и двух отводящих каналов. Предлагаемая модель распределителя — это универсальная система для покрытия потребностей в пневмоавтоматике. Элементная база позволяет гибко подобрать оптимальный уровень автоматизации без лишних затрат на ее изменение и усовершенствование. Использование всего одного варианта распределителя сокращает производственные расходы на разных этапах от проектирования до модернизации, а также позволяет изменять его стандартные функции в любое время.

Ключевые слова: пневмораспределитель, золотниковый распределитель, пневмоавтоматика, распределитель-модуль, сжатый воздух.

Введение

Пневмораспределители предназначены для изменения направления, пуска, остановки потоков сжатого воздуха между входными и выходными присоединительными отверстиями (портами) за счет изменения схемы коммутации сообщающимися с ними каналов. Пневмораспределители являются важнейшим компонентом пневмооборудования, автоматизации технологических процессов всех видов производств.

Главными параметрами распределителей являются:

- 1) *число линий (каналов)* указывается в числителе дробного цифрового обозначения распределителей;
- 2) *число позиций (положений)* указывается в знаменателе дробного цифрового обозначения распределителей;
- 3) *способ управления*: электромеханическое, электропневматическое, механическое (ручное и ножное) и пневматическое. Управление может быть односторонним

и двухсторонним (моностабильные и бистабильные распределители). В первом случае возврат распределительного элемента осуществляется механической или пневматической пружиной (автоматически отобранный воздух подается из магистрали по каналу распределителя). В случае с двухсторонним управлением на пневмораспределитель подается два управляющих сигнала;

4) *конструктивное исполнение распределителя*: клапанный и золотниковый типы. Запорно-регулирующий элемент клапанного типа перемещается вдоль осевой линии потока. Существенными достоинствами данной конструкции являются полная герметичность, невысокая требовательность к чистоте рабочей среды, отсутствие необходимости в смазке и быстродействие. Клапанный тип рекомендуется использовать для управления небольшими потоками сжатого воздуха. Золотниковые распределители, в свою очередь, подразделяются на распределители

с цилиндрическим золотником, крановые и с плоским золотником. Первые имеют эластичные и металлические уплотнения, вторые и третьи — металлические. Золотниковый тип предполагает перемещение запорно-регулирующего элемента перпендикулярно осевой линии потока. Для такого рода перемещения требуется преодолеть лишь силу трения между золотником и корпусом распределителя. Такое конструктивное решение подходит для управления больших по величине потоков воздуха;

5) *особенности монтажа*: возможны стыковой (блочный), трубный и резьбовой способы монтажа;

6) *расходные характеристики* подразумевают условный проход, пропускную способность, эффективную площадь проходного сечения, время отклика и мощность электромагнитной катушки (в случае с электропневматическими и электропневматическими распределителями);

7) *тип распределителя*. «Нормально открытый» (н.о./п.о.) тип имеет положение «открыто» при отсутствии управляющего воздействия питания, когда воздух проходит к выходному каналу. «Нормально закрытый» (н.з./п.с.) тип распределителя имеет положение «закрыто» при отсутствии управляющего воздействия питания.

При проектировании пневматических систем наибольшую трудность представляет выбор распределителей с требуемыми расходными характеристиками и быстродействием. Определение требуемой расходной характеристики пневмораспределителя — сложная задача, так как необходимо учесть (применительно к пневмоприводу возвратно-поступательного действия) размер пневмоцилиндра, внешнюю нагрузку, перемещаемую массу, закон изменения скорости перемещения и его время, а также сопротивление подводящей и выхлопной пневмолиний, в которые входит пневмораспределитель [1].

Уточнение, изменение, увеличение, уменьшение, модернизация схемы управления исполнительными механизмами ведет зачастую либо к излишкам невостребованных распределителей, либо к созданию компромиссных решений (перевод распределителей 5/2 в 3/2 путем заглушки второго выходного порта, увеличению числа плит). Часто можно наблюдать в оборудовании применение плит с большим, чем необходимо, числом мест (с запасом).

Таким образом, многообразие распределителей повышает уровень сложности пневмосистем, увеличивает и усложняет процесс проектирования, а также приводит к необходимости иметь их запасы на складе потребителя, которые зачастую остаются не востребованными.

Постановка задачи

Производители пневмооборудования поддерживают изготовление всех типов распределителей, конструкторы и проектировщики вынуждены использовать данное многообразие распределителей исходя из поставленных задач, эксплуатанты оборудования вынуждены иметь запас всех используемых на производстве типов распределителей.

На сегодняшний день нет унифицированного распределителя, способного работать в режимах всех типов (2/2, 3/2, 4/2 и т.д.), то есть гибкой системы, позволяющей свободно подобрать оптимальное решение для любого уровня

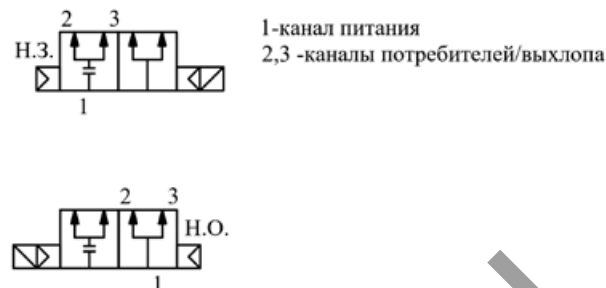


Рис. 1. Схема нестандартного 3*/2 распределителя модуля

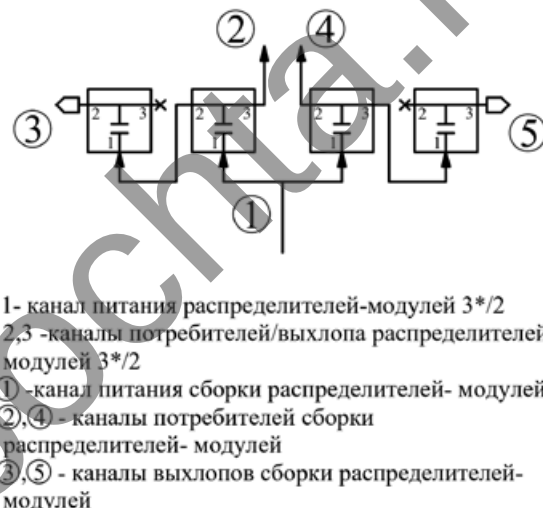


Рис. 2. Схема сборки распределителей-модулей

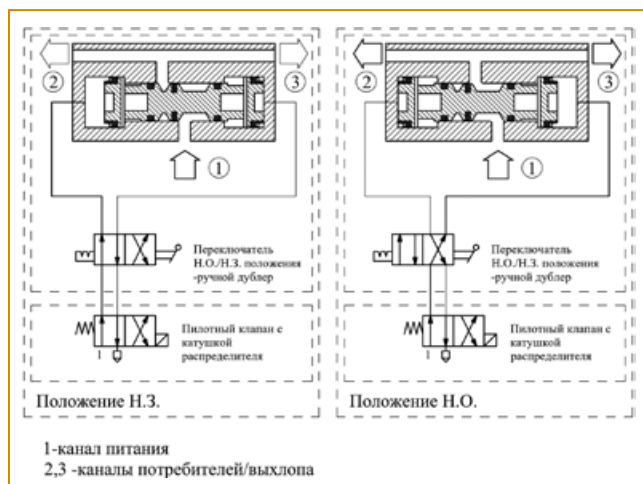
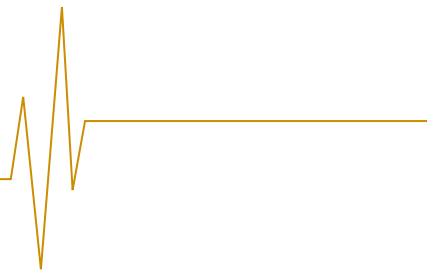


Рис. 3. Пневматическая схема распределителя-модуля

автоматизации. Но ведущие компании-производители SMC, FESTO, Camozzi постоянно совершенствуют свои серии распределителей в направлениях расширения опций, создания единого управления, многофункциональности [2-4].

В связи с этим актуальной является задача создания универсального модульного распределителя с электроуправлением, позволяющего при параллельно-последовательном



СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

И.А. Воронов (Компания Project Lad)

Рассматривается применение цифровой модели управления проектами строительства системы Project Lad в угольном объединении России СУЭК. Описаны предпосылки проекта, этапы выполнения и результаты. Показано, что применение Project Lad позволило повысить точность прогнозирования и снизить риски, связанные со сроками и бюджетом проекта.

Ключевые слова: система управления проектами, искусственный интеллект, автоматизация, промышленное предприятие, моделирование.

Запрос предприятия добывающей отрасли. Предпосылки проекта

Перед промышленными предприятиями сегодня стоит задача повысить эффективность реализации проектов. Индикатором эффективности при этом является достижение запланированных целей в соответствии с утвержденными сроками и бюджетами. Ключевое влияние на качество проектного управления оказывает контроль основных показателей [1]. Задержка в поставках, нескоординированные действия команд, длительная обработка данных и множество других самых разнообразных причин могут привести к нарушению сроков, а в результате — к упущенной прибыли для предприятия.

Ситуация осложняется уходом с рынка зарубежных производителей решений и программного обеспечения. Согласно отчету DISCOVERY Research Group (<https://drgroup.ru>), до 2022 г. крупнейшими зарубежными игроками российского рынка систем управления проектами являлись компании-разработчики MS Project, Oracle Primavera, Wrike, Asana, Gantt Pro и др. Процесс ухода растянулся по времени и не закончен до сих пор, так как часть вендоров продлила работу до окончания сроков договоров технической поддержки. Однако использование иностранных систем с течением времени вызывает все больше трудностей и влечет за собой

постоянно возрастающие риски и сложности с разным уровнем срочности их решения.

Специалисты отмечают ряд проблемных точек в управлении строительными проектами на предприятиях промышленной сферы. Основной из них является отсутствие системности. Руководители вынуждены использовать ручные методы управления из-за отсутствия ИТ-инструментов контроля и оценки проектов. Например, большое влияние на эффективность оказывают поставки и работа подрядных организаций. Выстроить процессы проектного управления таким образом, чтобы обеспечить выполнение хода работ в соответствии с планом и не допустить срыва сроков, без единой информационной системы планирования и управления невозможно.

Российские вендоры предлагают новые продукты в сфере управления проектами. Так, команда продукта Project Lad (отечественный аналог MS Project) из Нижнего Новгорода разработала цифровые модели управления проектами на основе искусственного интеллекта. В основе модели Project Lad заложен календарно-сетевой график, благодаря которому анализируются плановые, фактические и прогнозные данные, что позволяет заказчику качественно управлять проектами. В частности, становится проще в режиме реального времени оценивать влияние действий на сроки и бюджеты, уменьшая при этом циклы