

Научная статья

Статья в открытом доступе

УДК 658.512.22

doi: 10.30987/2658-6436-2024-3-23-28

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Дмитрий Вячеславович Орехов

ведущий инженер-конструктор ООО «Борокс Гидравлика», г. Брянск, Россия

odv2902@yandex.ru

Аннотация. На сегодняшний день современные компании, занимающиеся производством гидравлического оборудования, стараются выстраивать тесные взаимовыгодные отношения с заказчиками вне зависимости от масштабов их бизнеса. Исходя из чего, можно с уверенностью утверждать, что количество входящих заявок возрастает и необходимо быстро и профессионально реагировать на запросы. Одним из возможных инструментов быстрого реагирования может служить автоматизация этапов заявка-производство. Целью статьи является оценка автоматизации проектирования проверки принципиальных гидравлических схем в рамках предприятий, которые занимаются производством и ремонтом объемного гидропривода, а также улучшение существующих методик. Для достижения поставленной цели необходимо оценить существующие методики, используемые на предприятиях, а также проанализировать время, которое тратится на проверки с использованием автоматизации и без нее.

Ключевые слова: САПР, гидравлическая станция, объемный гидропривод, принципиальная гидравлическая схема, автоматизация проектирования

Для цитирования: Орехов Д.В. Опыт применения системы автоматизированного проектирования специализированных гидравлических станций на промышленном предприятии // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. 2024. №3 (25). С. 23-28. doi: 10.30987/2658-6436-2024-3-23-28.

Original article

Open Access Article

EXPERIENCE OF USING THE AUTOMATED DESIGN SYSTEM FOR SPECIALIZED HYDRAULIC STATIONS AT AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

Dmitry V. Orekhov

leading design engineer, Borox Hydraulics LLC, Bryansk, Russia

odv2902@yandex.ru

Abstract. Today, modern companies engaged in the hydraulic equipment production try to build close mutually beneficial relationships with customers, regardless of their business scale. Based on this, it can be confidently stated that the number of incoming requests is increasing and it is necessary to respond to requests quickly and professionally. One of the possible tools for rapid response can be automating the application-production stages. The aim of the article is to assess the automation of designing the verification of basic hydraulic circuits within the framework of enterprises that are engaged in producing and repairing volumetric hydraulic drives, as well as to improve the existing methods. To achieve this aim, it is necessary to evaluate the existing methods used at enterprises, as well as analyze the time spent on checks with using the automation and without applying it.

Keywords: CAD, hydraulic station, volumetric hydraulic drive, basic hydraulic diagram, design automation

For citation: Orekhov D.V. Experience of Using the Automated Design System for Specialized Hydraulic Stations at an Industrial Enterprise. Automation and modeling in design and management, 2024, no. 3 (25). pp. 23-28. doi: 10.30987/2658-6436-2024-3-23-28.

Введение

В настоящее время в России продолжается модернизация предприятий и переукрупнение имеющегося на них оборудования в связи с новыми обстоятельствами на мировом и внутреннем рынке, включая санкционные ограничения. Анализируя спрос, можно с уверенностью сказать, что большая часть предприятий в сфере машиностроения, нефтегазовой промышленности, сталелитейного производства, горношахтного оборудования и других в РФ нуждаются в замене, либо модернизации имеющегося на них гидравлического оборудования в короткие сроки и на условиях импортозамещения.

К главным критериям проектирования гидравлического оборудования можно отнести

высокое качество продукции, низкую стоимость, сжатые сроки поставки и возможности по расширению функционала изделия [1].

Одной из категорий гидравлического оборудования являются гидравлические станции. Гидравлическая станция представляет собой сложную техническую систему, которая преобразует различные виды энергии в механическую энергию потока масла. Самая простейшая гидравлическая станция включает в себя порядка 10 различных компонентов, а проектирование ее начинается с разработки принципиальной гидравлической схемы.

Разработка принципиальных гидравлических схем достаточно сложная инженерная задача, требующая высокой квалификации проектировщика, которая на следующем этапе требует проверки правильности построения. Данный вид проверки можно назвать теоретической проверкой работоспособности принципиальной гидравлической схемы. Теоретическая проверка необходима для корректного проектирования и расчета основных параметров, но в исключительных случаях при проектировании сложных гидравлических станций, которые можно назвать специализированными, данная проверка отличается от реальных испытаний.

Постановка задачи

Для достижения поставленной цели необходимо решить несколько задач, а именно: проанализировать имеющиеся подходы проверки теоретической работоспособности принципиальных гидравлических схем, а также предложить их улучшения и сравнить их эффективность. Классический подход проверки теоретической работоспособности принципиальной гидравлической схемы базируется на знаниях и опыте проектировщика, что увеличивает время, затраченное на проверку. Существенное сокращение временных затрат на проверку можно добиться систематизировав опыт конкретного проектировщика в методики и алгоритмы, которые можно реализовать программно.

Методику теоретической проверки работоспособности принципиальной гидравлической схемы можно представить в виде имитационной модели, что позволяет тестировать уже существующую гидравлическую станцию и проводить с ней эксперименты для определения оптимальности всей конструкции. Данный подход позволит изучить устройство со всех сторон и проверить, как оно себя ведет при изменении входных параметров.

Описание автоматизации методики проверки теоретической работоспособности

Принципиальная гидравлическая схема проектируемой гидравлической станции не содержит информации о математическом представлении ее составных элементов. Учитывая важность графического представления проектируемой системы и необходимость оперирования не только с элементным составом, но и с физическим представлением элементов, введем еще одно понятие – представление гидравлической схемы в виде математической модели.

Большинство физических схем можно представить в виде цепи, состоящей из объединенных между собой через внешние узлы типовых компонент. На рис. 1 представлена простейшая гидравлическая схема объемного гидропривода. Для формирования матрицы отношений между элементами, целесообразно структуру разработанной принципиальной гидравлической схемы описать посредством идентификации элементов и нумерации узлов.

Для проверки работоспособности гидравлической схемы, представленной на рис. 1 необходимо преобразовать ее в математическую модель. Для простоты преобразования представим схему в виде графа, вершинами которого будут являться элементы схемы, а дугами отношения между этими элементами (рис. 2).

Преобразованная гидравлическая схема представляет собой множество элементов:

$$A = \{a_1, \dots, a_n\}, \quad (1)$$

где n – число элементов, используемых в гидравлической схеме.

Так как множество элементов является конечным, то любое бинарное отношение на A можно задать списком упорядоченных пар, содержащихся в этом бинарном отношении. Пусть $A = \{a_1, \dots, a_n\}$ и ρ – бинарное отношение на A . Тогда матрицей отношений ρ называется квадратная матрица размера $n \times n$, состоящая из нулей и единиц, такая, что в пересечении i -й строки и j -го столбца стоит 1 тогда и только тогда, когда:

$$a_i \rho a_j \quad \forall i, j = \overline{1, n}, \quad (2)$$

где ρ – бинарное отношение на A .

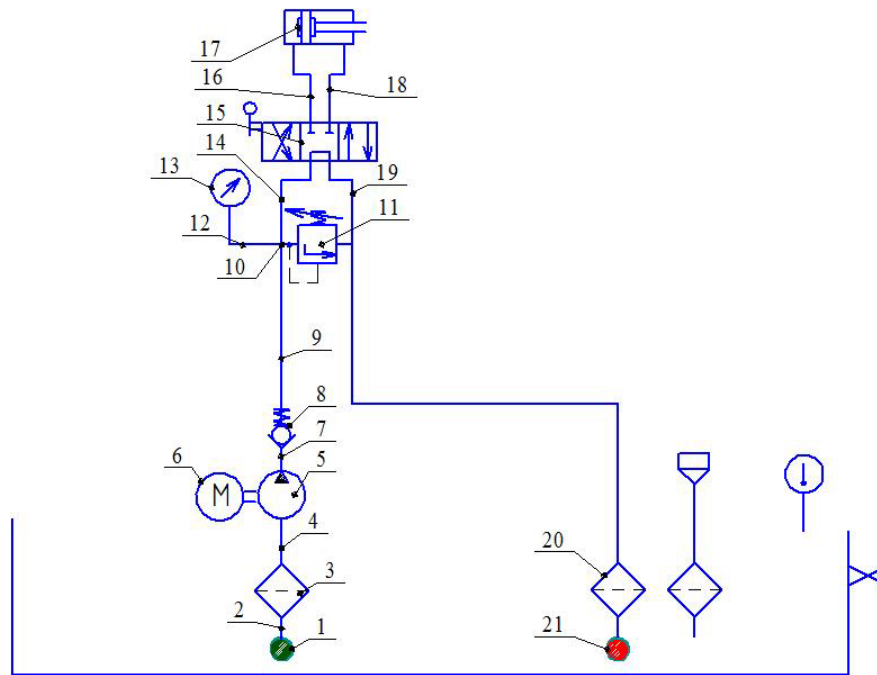


Рис. 1. Гидравлическая схема
Fig. 1. Hydraulic circuit

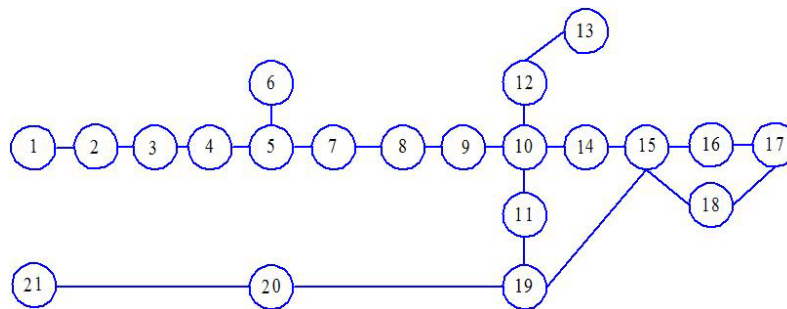


Рис. 2. Гидравлическая схема, представленная графом
Fig. 2. Hydraulic circuit represented by a graph

На множестве элементов $A = \{a_1, \dots, a_n\}$, матрица отношений ρ имеет вид:

$$M = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}. \quad (3)$$

По матрице отношений можно однозначно определить взаимосвязь элементов друг с другом, расположение элемента в гидравлической схеме и точку перехода между напорной и сливной линией. Задав необходимые свойства каждого элемента и зная его расположение в гидравлической схеме, можно проводить проверку на работоспособность гидравлической схемы.

Автоматизация расчета основных параметров объемного гидропривода

Для корректного функционирования автоматизированной проверки теоретической работоспособности принципиальных гидравлических схем, необходимо произвести расчет основных подсистем объемного гидропривода: энергообеспечивающей, направляющей и исполнительной. При расчете подсистем энергообеспечивающей и направляющей будем руководствоваться методиками, описанными в источниках [2 – 4], а для исполнительной подсистемы воспользуемся упрощенной методикой расчета описанной В.А. Муратовым [5].

Используя данные автоматизированные методики расчета, пользователю достаточно внести несколько значений для системы: подача насоса, частота вращения двигателя, давление в системе, диаметр поршня, диаметр штока и ход исполнительного механизма. Остальные параметры будут рассчитываться в автоматизированном режиме. Пример расчета основных параметров объемного гидропривода приведен в табл. 1 и табл. 2.

Таблица 1

Основные параметры энергообеспечивающей и направляющей подсистем

Table 1

Basic parameters of the energy supply and guidance subsystems

Подача насоса	Q	4,5	л/мин	0,00007500	м ³ /с
Частота вращения двигателя	n	1500	об/мин	Мощность развиваемая насосом	
Мощность двигателя	N	3,15	кВт	2,12	кВт
Рабочий объем насоса	q	0,00000323	м ³ /об	3,2258	см ³ /об
Давление в системе	P	24	Мпа	240	бар(атм)
Диаметр поршня	$D1$	180	мм		
Площадь поршня	$A1$	25446,90	мм ²	0,02545	м ²
Диаметр штока	$d2$	90	мм	90	
Площадь штокового кольца	$A2$	19085,18	мм ²	0,01909	м ²
Скорость выдвижения	$v1$	0,00295	м/с	2,947	мм/с
Скорость обратного хода	$v2$	0,00393	м/с	3,930	мм/с
Усилие давления	$F1$	61,07	т	598917,35	Н
Тяговое усилие	$F2$	45,80	т	449188,02	Н
Объем бака	$v_б$	0,01425	м ³	14,25	л
Диаметр условного прохода	dy	4,36	мм		
Количество тепла получаем в сек.	Q_t	5,93	Дж/с		
Температура жидкости	$t_ж$	53,01	град.	Станция	

Таблица 2

Основные параметры исполнительной подсистемы

Table 2

Basic parameters of the executive subsystem

гидроцилиндры	1	2	3	4	5	6	7
$D1$,мм	180	60	120	140	130	40	80
м ²	0,0254	0,0028	0,0113	0,0154	0,0133	0,0013	0,0050
$d2$,мм	90,00	40,00	70,00	80,00	70,00	28,00	50,00
м ²	0,0191	0,0016	0,0075	0,0104	0,0094	0,0006	0,0031
l ,мм	1500	150	800	600	350	100	150
Скорость выдвижения, мм/с	2,95	26,53	6,63	4,87	5,65	59,68	14,92
Время выдвижения, с	508,94	5,65	120,64	123,15	61,94	1,68	10,05
Скорость задвижения, мм/с	3,93	47,75	10,05	7,23	7,96	117,03	24,49
Время задвижения, с	381,70	3,14	79,59	82,94	43,98	0,85	6,13
Скорость выдвижения всех цилиндров	0,001006 м/с				1,01 мм/с		
Скорость задвижения всех цилиндров	0,001453 м/с				1,45 мм/с		
Время выдвижения всех цилиндров	1490,69 с				24,8 мин		
	1032,26 с				17,2 мин		
Объем цилиндров:	62,40 л						

Руководствуясь данными параметрами расчета, происходит подбор рациональных компонентов, которые будут применять при разработке специализированных гидравлических станций.

Пример работы модуля проверки теоретической работоспособности

Необходимо произвести модернизацию гидравлического станка для производства бетонных изделий: тротуарная плитка и бордюры. Данная задача возникла в связи с несоответствием паспортных данных на оборудования с реальными условиями его работы. На первом этапе необходимо внести в программный модуль, принципиальную гидравлическую схему оборудования, данная процедура производится вручную (рис. 3).

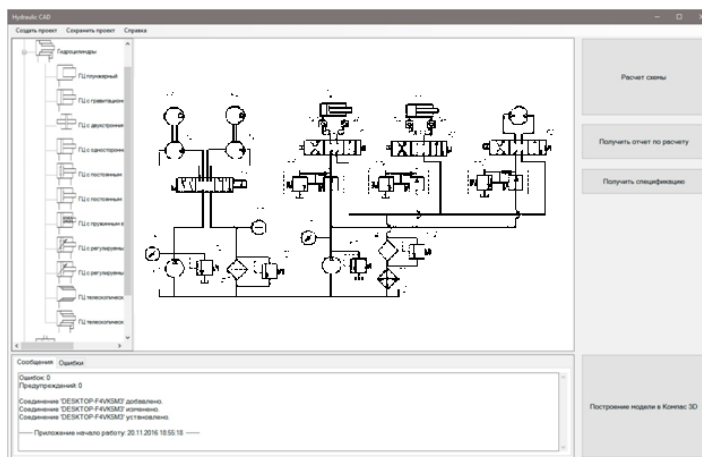


Рис. 3. Гидравлическая схема станка
Fig. 3. Hydraulic diagram of the machine

Результаты работы модуля предоставляются пользователю в виде отчета основных параметров объемного гидропривода, а также номенклатуры гидравлических компонентов, рационально подобранных под данные расчета. Обработывая полученную информацию и сравнивая ее с используемыми компонентами станка, было выявлено несколько отклонений от расчета, которые могли влиять на работу оборудования.

Для устранения данных проблем необходимо было переделать исполнительный механизм станка – гидроцилиндр, а также увеличить условный проход на монтажной плите. Если переделка гидроцилиндра не заняла много времени, то при изменении условного прохода возникла проблема, что данное устройство не рассчитано для данной модернизации, в результате чего изделие было испорчено. Для дальнейшей работы станка необходимо было спроектировать и изготовить новый гидроблок (рис. 4).

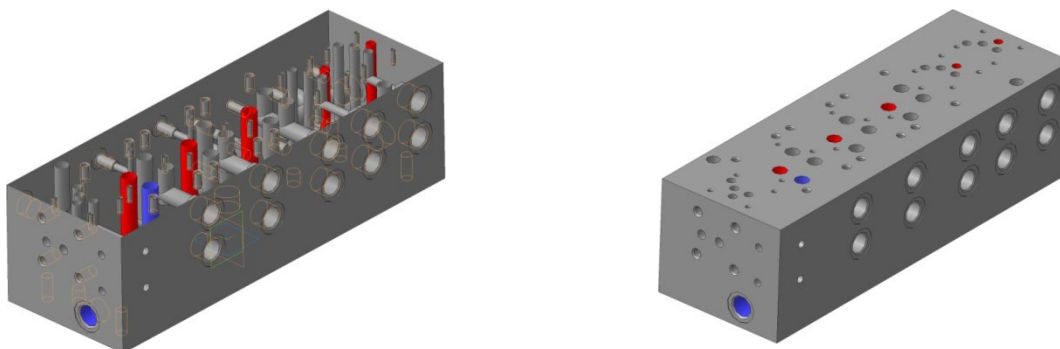


Рис. 4. Монтажная плита станка
Fig. 4. Mounting plate of the machine

Изготовленная монтажная плита имеет размеры 180x160x610 мм и вес 98 кг, при ее изготовлении учитывались компоненты, которые были подобраны модулем автоматической проверки работоспособности, которые, в свою очередь, являются взаимозаменяемыми в отличие от тех, которые были раньше.

Результаты модернизации станка

В течение месяца происходило тестирование оборудования на производстве, в результате которого можно сделать следующие выводы:

- 1) изменив исполнительный механизм станка, уменьшился цикл изготовления на 2 минуты, что повлияло на увеличение производительности на 25 % в смену;
- 2) изготовив новую монтажную плиту с подходящим диаметров условного прохода, удалось получить плавность хода исполнительного механизма, что, в свою очередь, позволило сократить брак на 25 %, на сегодняшний день он составляет 5 % в смену;
- 3) за счет правильной работы подающего механизма, сухая смесь равномерно поступала в пресс формы, что позволило получить более хорошую поверхность изделия.

Заключение

Проведенный анализ по применения автоматизированной системы теоретической проверки работоспособности принципиальных гидравлических схем показал, что модернизация имеющегося оборудования является актуальной задачей. Применяя автоматизацию на предприятиях, которые занимаются производством и модернизацией оборудования можно существенно сократить сроки и повысить качество результатов.

Список источников:

1. Гойдо М.Е. Проектирование объемных гидроприводов. – М.: Машиностроение, 2009. – 304 с. Текст: электронный // ЭБС «Консультант студента».
2. Азиров А.Г., Рагимов А.М., Азиров М.Г. Проектирование гидро- и пневмосистем. Учебное пособие. – Баку: АГНА, 2004. – 100 с.
3. Автоматизированное проектирование машиностроительного гидропривода / И.И. Бажин, Ю.Э. Беренгард, М.М. Гайцгори и др.; под общ. ред С.А. Ермакова. – М.: Машиностроение, 1988. – 312 с.
4. Васильченко В.А. Гидравлическое оборудование мобильных машин. – Справочник. М.: Машиностроение, 1983. – 301с.
5. Марутов В.А., Павловский С.А. Гидроцилиндры. – М.: Машиностроение, 1966. – 169 с.

References:

1. Goydo M.E. Design of Volumetric Hydraulic Drives. Moscow: Mashinostroenie; 2009.
2. Azirov A.G., Ragimov A.M., Azirov M.G. Design of Hydraulic and Pneumatic Systems. Baku: AGN A; 2004.
3. Bazhin II, Berengard YuE, Gaitsgori MM, et al. Automated Design of Mechanical Engineering Hydraulic Drive. Ermakov SA, editor. Moscow: Mashinostroenie; 1988.
4. Vasilchenko V.A. Hydraulic Equipment of Mobile Machines. Moscow: Mashinostroenie; 1983.
5. Marutov V.A., Pavlovsky S.A. Hydraulic Cylinders. Moscow: Mashinostroenie; 1966.

Информация об авторах:

Орехов Дмитрий Вячеславович
ведущий инженер-конструктор ООО «Борокс Гидравлика»

Information about the authors:

Orekhov Dmitry Vyacheslavovich
Leading design engineer, Borox Hydraulics LLC

Статья поступила в редакцию 24.05.2024; одобрена после рецензирования 26.06.2024; принята к публикации 05.07.2024.

The article was submitted 24.05.2024; approved after reviewing 26.06.2024; accepted for publication 05.07.2024.

Рецензент – Малаханов А.А., кандидат технических наук, доцент, Брянский государственный технический университет.

Reviewer – Malakhanov A.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Bryansk State Technical University.