

Научная статья

Статья в открытом доступе

УДК 658.512.22

doi: 10.30987/2658-6436-2024-1-13-20

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Дмитрий Вячеславович Орехов

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

odv2902@yandex.ru

Аннотация. Актуальность темы исследования обусловлена важностью инвестиционных затрат на технические решения для улучшения управления на промышленных предприятиях. За последние десятилетия установленная мощность металлорежущих станков увеличилась на порядок, что привело к еще более активному росту их производительности. Несмотря на это, производительность труда в целом возросла только в несколько раз. В такой ситуации целесообразно выбирать технологии, которые будут базироваться на точном выявлении целей и ожидаемых результатах, на основе учета производственно-технологических условий производства, предполагающих возможность использования как стоимостных, так и ресурсно-временных показателей производственного процесса. Целью статьи является оценка экономического эффекта от внедрения системы автоматизированного проектирования гидравлических станций на предприятиях, связанных с производством объемного гидропривода, разработка предложений по улучшению экономических и хозяйственных показателей работы этого производства. Инструментами достижения поставленной цели являются, в первую очередь, оперативность управления и снижение времени на проектирование оборудования, сокращение расходов на первоначальных этапах производства оборудования. Экономические результаты внедрения системы автоматизированного проектирования показывают эффективность предложенных решений.

Ключевые слова: САПР уникальных гидравлических станций, гидравлическая станция, объемный гидропривод, экономический эффект

Для цитирования: Орехов Д.В. Анализ эффективности автоматизации проектирования гидравлических станций // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. 2024. №1 (23). С.13-20. doi: 10.30987/2658-6436-2024-1-13-20.

Original article

Open Access Article

ANALYSING THE EFFECTIVENESS OF THE COMPUTER-AIDED DESIGN OF HYDRAULIC STATIONS

Dmitry V. Orekhov

Leading Design Engineer at «Borox Hydraulics LLC», Bryansk, Russia

odv2902@yandex.ru

Abstract. The relevance of the research is due to the importance of investment costs for technical solutions to improve industrial enterprises' management. Over the past decades, the installed capacity of metal-cutting machines has increased by an order of magnitude, which led to an even more active growth in their performance. Despite this, labour productivity as a whole has increased only several times. In such a situation, it is advisable to choose technologies that will be based on the precise identification of goals and expected results, grounded on considering production and technological conditions of manufacturing, assuming the possibility of using both cost and resource-time indicators of the production process. The aim of the article is to assess the economic effect of introducing a system of computer-aided design of hydraulic stations at enterprises related to producing volumetric hydraulic drive, to develop proposals to improve the economic and profitable performance of this production. The tools for achieving this goal are, first of all, management efficiency and time reduction for designing equipment, cost reduction at the initial stages of the equipment production. The economic results of introducing the computer-aided design system show the effectiveness of the proposed solutions.

Keywords: CAD of unique hydraulic stations, hydraulic station, volumetric hydraulic drive, economic effect

Введение

Проектирование объемного гидропривода является сложной задачей, которая занимает большое количество времени и ориентирована на большой стаж инженера-конструктора и зачастую требует слаженной работы группы специалистов [1]. При проектировании объемного гидропривода используются системы автоматизированного проектирования (САПР), которые необходимы для создания трехмерных моделей и составления технической документации, остальная рутинная работа производится без использования автоматизированных систем, либо базируется на опыте проектировщика [2, 3]. Для достижения наилучших результатов работы предприятия, необходимо создание узкоспециализированных модулей, которые бы базировались уже на существующих системах автоматизированного проектирования, которые бы существенно облегчали и ускоряли работы проектировщиков, но данная процедура отнимает немало ресурсов у предприятия и поэтому необходимо правильно оценить ее значимость.

Необходимо отметить, что экономический эффект от внедрения средств автоматизации может быть косвенным, потому что непосредственно данные средства не являются главным источником дохода, а являются лишь вспомогательным инструментом для предприятия. Зачастую предприятия отказываются от готовых программных решений по причине, завышенных вложений. Руководство осознает, что внедрение информационных технологий является важной задачей, но не имея оценку выгоды зачастую отказывается от них.

На сегодняшний день, все больше предприятий заинтересовано в отечественных компонентах гидравлических систем. Данная задача является важной для многих отраслей деятельности. На рис. 1 представлена потребность предприятий специализированного машиностроения в гидравлических компонентах (млн. руб.) [4].



Рис. 1. Потребность гидравлических компонентов
Fig. 1. Requirement of hydraulic components

Самым распространенным типом приводящих устройств является гидравлическая станция. Зачастую проектирование новой станции занимает большое количество времени и требует высокого уровня знаний специалиста в области производства объемного гидропривода. В современных условиях конкуренции и спроса, необходимо существенно сокращать цикл «заявка – готовое изделие», данным вопросом было решено заняться на предприятии, которое занимается производством объемного гидропривода. Проанализировав продукцию, выпускаемую данным предприятием, руководству было предложено решение по оптимизации проектирования гидравлических станций высокого и низкого давления.

Постановка задач

Для достижения данной цели был поставлен ряд задач, которые включают в себя:

- определение области применения гидравлических станций;
- наложение определенных условий, в которых будет проводиться оптимизация гидравлической станции;
- разработка единого бланка технического задания (ТЗ), по которому будет вестись дальнейшая работа;
- определения связи между менеджментом, проектировщиком и производством;
- выявления необходимого количества поставщиков комплектующих;
- создание модулей для оптимизации процесса проектирования гидравлических станций и сокращения временных затрат на цикл «заявка – готовое изделие».

Область применения гидравлических станций настолько обширна, что охватить ее всю просто не представляется возможным. Необходимо выделить основные области применения и дать их краткое описание для дальнейшего понимания:

1. Дорожно-строительная техника. Экскаваторы, погрузчики, грейдера, бульдозеры, подъемные краны и т.д.
2. Сельскохозяйственная техника. Комбайны, сушилки, молотилки и т.д.
3. Переработка отходов. Прессы для мусора, шредеры, мусоровозы, стационарных и мобильных кран-манипуляторных установок с грейферными захватами.
4. Техника добычи полезных ископаемых. Машины для работы в шахтах, карьерах и горно-обогатительных комбинатах.
5. Производственное оборудование. Станции для подачи смазки, станочное оборудование и т.д.
6. Морская техника. Дноуглубительные суда, грузовые паромы, пассажирские крейсера, частные яхты, а также портовые машины оборудованы гидравлическими станциями с компонентами стойкими к жесткой морской среде. Гидропривод в морской технике имеет широкое применение: рулевые машины, приводы рампы, якорей, манипуляторов и подъемников.

Для перечисленных областей применения есть огромное количество условий, как эксплуатационных, так и технических. Для корректной работы в дальнейшем необходимо задать определенные ограничения, которые бы четко характеризовали тип и конструкцию гидравлической станции. Современные мощные вычислительные средства позволяют при решении математических моделей учитывать различные факторы, не рассмотренные ранее [5, 6].

Ограничения на область работы

К основным параметрам гидравлической станции можно отнести: номинальное давление, номинальный расход, мощность приводного двигателя, одно- или многопоточность. Ограничения, которые были приняты в данной работе, представлены в табл. 1.

Ограничения для проработки гидравлических станций

Таблица 1

Table 1

Limitations for the development of hydraulic stations

Номинальное давление	Номинальный расход	Мощность приводного двигателя	Количество потоков
1...700 bar	0,2...200 л/мин	0,25...50 кВт	до 2-х

Данные ограничения были сделаны с условием того что, 95 % выпускаемых предприятием гидравлических станций попадают в данные ограничения, а станции, которые не соответствуют данным критериям будут изготавливаться имеющимися средствами предприятия. На основании проработанных критериев был разработан единый бланк заказа гидравлической станции (рис. 2).

1.	Название предприятия:			
1.1	Контактное лицо:			
1.2	Контактный телефон:			
2.	Характеристики гидростанции			
2.1.	Максимальное давление, развиваемое насосным агрегатом			МПа
2.2.	Максимальная производительность насосной установки			л/мин
2.3.	Требуемый объем бака (эффективная ёмкость)			литр
2.4.	Требуемая толщина фильтрации масла			мкм
2.5.	Какое масло планируется применять		вязкость	сСт
3.	Характеристики электродвигателя			
заполняется в том случае, если станция должна поставяться без эл-дв или у заказчика есть особые требования к нему				
3.1.	Тип электродвигателя	Постоянного тока		Переменного тока
справа от выбранного поставить галочку				
3.2.	Напряжение питания			В
3.3.	Частота вращения вала электродвигателя			об/мин
3.4.	Мощность электродвигателя			кВт
3.5.	Исполнение по монтажу	фланец	лапы	комбинированное
3.6.	Режим работы - продолжительный/кратковременный			
4.	Дополнительные параметры			
4.1.	Необходимость поставки шкафа управления (автоматизация технологического процесса) - да/нет			
4.2.	Кол-во гидро-лей		Схема гидро-лей	
4.3.	Дополнительное оборудование (Дроссель, клапан пропорциональный, реле давления и т.д.)			
4.4.	Напряжение питания соленоидов клапанов	24DC	110AC	230AC
4.5.	Необходимость поставки трубопроводов и/или РВД, их длина			
4.6.	Наличие маслоохладителя	воздушный		водяной
4.7.	Наличие подогрева масла	Нет		Да
справа от выбранного поставить галочку				

Рис. 2. Бланк заказа гидравлической станции
Fig. 2. Hydraulic station order form

Разработка модулей САПР

В дальнейшем при разработке модулей автоматизации проектирования необходимо руководствоваться входными данными, согласно бланка заказа (см. рис. 2). Согласно наиболее обобщенной модели системы – модели «черного ящика», система автоматизированного проектирования гидравлического оборудования представляет собой средство преобразования входной информации в выходную (рис. 3) [7].



Рис. 3. Обобщенная функциональная модель
Fig. 3. Generalized functional model

Входной информацией данного процесса является описание проектируемого объекта, которое содержится в техническом задании.

Выходная информация в соответствии с функциональным назначением системы определяет конструктивное описание проектируемого объекта, общепринятой формой представления которого является проектная и конструкторская документация, а в компьютерной форме – графические модели, текстовые документы, реляционная и графическая базы данных.

Для разработки системы автоматизированного проектирования гидравлического оборудования целесообразной является разработка структурно-функциональной схемы работы программы (рис. 4). С помощью данной схемы можно показать взаимодействие модулей разрабатываемого программного обеспечения.



Рис. 4. Структурно-функциональная схема САПР

Fig. 4. CAD structural and functional diagram

Все эти модули разрабатываются независимо друг от друга. Базы данных содержат исходные данные, параметры основных узлов гидравлической станции, правила построения параметрических моделей, сведения о вспомогательных элементах, правила формирования сборочных моделей, разработанные библиотеки элементов, различные константы и др.

Применение разработанной САПР

Главным фактором, который влияет на задачу автоматизации проектирования, является количество проектных решений, которое будет выполнять предприятие, имея большое количество заказов можно говорить о необходимости автоматизации их исполнения. Поэтому необходимо на самом первом этапе, а это этап «Запроса КП», оперативно и грамотно предложить заказчику необходимое ему решение, учитывая такие показатели, как надежность, стоимость и срок поставки, а за это на предприятии отвечают менеджеры.

Организовав несколько запросов непосредственно с менеджерами по продажам гидравлики по всей России, можно с уверенностью сказать, что 8 из 10 из них не могут быстро и оперативно предложить необходимое решение для заказчика, потому что им приходится связываться с руководством, инженерами и т.д. Основываясь на полученных результатах, было принято решение разрабатывать программный модуль, который бы включал в себя 2 функции «Проектировщик – система» и «Менеджер – система».

Результатом проделанной работы стала система автоматизированного проектирования гидравлических станций «HydraulicsCAD» (рис. 5), которая была внедрена на нескольких предприятиях.

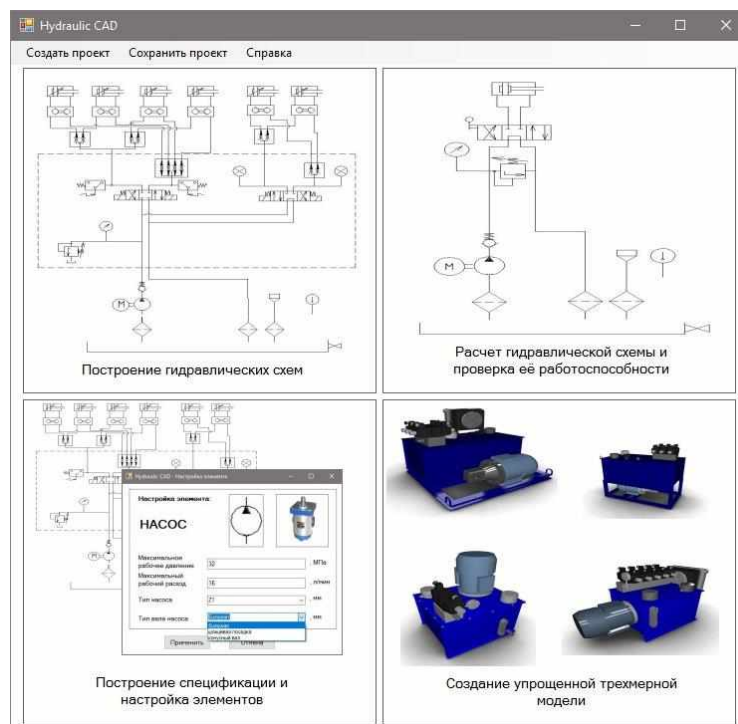


Рис. 5. Интерфейс САПР «HydraulicsCAD»
Fig. 5. CAD interface «HydraulicsCAD»

Преимуществами разработанной системы являются простота интерфейса и возможности работы пользователей разного уровня подготовки. Результатом работы в систему будет являться: гидравлическая схема, трехмерная модель гидравлической станции, спецификация на гидравлическую станцию и данные расчета основных параметров гидравлического оборудования.

В конце 2019 года САПР «HydraulicsCAD» была внедрена на промышленном предприятии и зарекомендовала себя с лучшей стороны. Сегодня можно четко показать эффективность автоматизации производства на примере данного предприятия. Проанализируем несколько факторов, таких как время проектирования, количество выпускаемой продукции, количество заказчиков и один из самых главных показателей доходы от реализации. Сравнительный анализ проведем, начиная с 2019 года, у нас будут результаты до внедрения программы и включая 2022 год.

Эффект от внедрения САПР уникальных гидравлических станций

Самым явным и быстро оценивающимся параметром будет являться время проектирования гидравлической станции. До внедрения САПР «HydraulicsCAD» конструктору необходимо было проделать ряд следующих действий, чтобы получить конечный результат:

1. Получена заявка на разработку.
2. Уточнение необходимых параметров.
3. Разработка принципиальной гидравлической схемы.
4. Согласование с заказчиком гидравлической схемы.
5. Подбор всех необходимых комплектующих.
6. Создание 3D-модели и подготовка технической документации.

Перечисленные этапы занимали в среднем от 10 до 16 часов работы конструктора, что не позволяло брать другие заявки. Теперь же данные этапы взяла на себя САПР «HydraulicsCAD», в которой менеджер в течение часа, а иногда и намного быстрее, если подобный проект уже был создан, может согласовать с заказчиком все моменты и передать

конструктору уже готовый комплект технической документации, который просто необходимо проверить и убедиться в его достоверности.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что время на проектирование сократилось в несколько раз, но данный показатель не может в полной мере показать эффективность автоматизации предприятия. Исходя из этого, нужно брать большое количество заказов, потому что есть свободное время, которое необходимо использовать для увеличения главного показателя эффективности – доход от реализации.

На рост дохода от реализации влияет много факторов, которые в совокупности можно свести к двум: количество выпускаемой продукции и количество контрагентов. В табл. 2 и 3 приведены данные показатели по годам.

Таблица 2

Количество выпускаемых изделий

Table 2

<i>Number of products produced</i>				
Год	2019	2020	2021	2022
Количество, шт.	734	1012	1186	2640
Изменения	-	37 %	17 %	122 %
<i>Изменения за 3 года составили 259 %</i>				

Таблица 3

Количество контрагентов

Table 3

<i>Number of counterparties</i>				
Год	2019	2020	2021	2022
Количество, шт.	12	23	24	32
Изменения	-	91 %	4 %	33 %
<i>Изменения за 3 года составили 166 %</i>				

Исходя из данных показателей, можно сделать выводы об эффективности работы, как менеджмента, так и производства в целом. Освободившее время от проектирования пошло на пользу организации, и она сумела правильно им распорядиться и увеличить свои показатели. Также данные изменения коснулись не только выпускаемой продукции, но еще и одного немаловажного показателя – заработная плата рабочих, которая по некоторым должностям выросла на 87 % за период 2019...2022 года.

Экономические показатели при использовании САПР «HydraulicsCAD»

Согласно предоставленным данным все показатели растут, но необходимо понимать, как изменяется главный показатель предприятия – доход от реализации. Данные о реализации предприятия попадают под требования о неразглашении, поэтому для сравнения этого показателя примем условно первоначальный 2019 год за переменную N-1 млн. руб., тогда сравнения по годам будет выглядеть следующим образом (табл. 4).

Таблица 4

Доходы от реализации предприятия

Table 4

<i>Income from the sale of the enterprise</i>				
Год	2019	2020	2021	2022
Млн. руб.	1	1,74	1,8	2,13
Изменения	-	74 %	3%	18 %
<i>Изменения за 3 года составили 114 %</i>				

Эффект от автоматизации только лишь одного направления работы предприятия впечатляет. Правильное распределение освободившего времени и координация на предприятии позволяет получить значимые результаты.

Заключение

Выполненный в статье анализ эффективности применения разработанной САПР гидравлических станций «HydraulicsCAD» на промышленном предприятии, занимающимся производством объемного гидропривода, показал, что доходы от реализации предприятия выросли на 114 %, количество выпускаемых изделий увеличились на 259 %.

Список источников:

1. Аверьянов О.И., Аверьянова И.О. Основы инжиниринга в машиностроении: учебное пособие, 2-е издание. – Москва: МГИУ, 2007. – 64 с.
2. Ревуцкий Л.Д. Потенциал и стоимость предприятия: учебное пособие. – Москва: Перспектива, 1997. – 124 с.
3. Халиков М.А. Моделирование производственной и инвестиционной стратегий машиностроительного предприятия: Монография. – Москва: Фирма Благовест-В, 2003. – 304 с.
4. Мальцев В.В. Гидравлика должна быть Российской // Вестник Гидравликов. – 2019. – №1. – С. 12-15.
5. Жданов А.В., Титова Н.В. Обоснование допущений приматематическом моделировании объемных гидроприводов с целью выбора методики их диагностирования // Машины и процессы в строительстве: Сборник научных трудов №6. – Омск: СибАДИ, 2007. – С. 157-160.
6. Титова Н.В. Разработка математической модели шестеренного гидронасоса как элемента системы автоматизированного проектирования диагностических комплексов // Сборник научных трудов / Иртышский филиал ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта» (в г. Омске) – Омск, 2008. – № 6. – С. 160-163.
7. Иванова Г.С., Ничушкина Т.Н., Пугачев Е.К. Объектно-ориентированное программирование: учебное пособие. – Москва: Издательство МГТУ им. Баумана, 2001. – 320 с.

Информация об авторах:

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

References:

1. Averyanov O.I., Averyanova I.O. Fundamentals of Engineering in Machine-Building. 2nd ed. Moscow: Publishing House of Moscow State Industrial University; 2007.
2. Revutsky L.D. Potential and Cost of an Enterprise. Moscow: Perspective; 1997.
3. Khalikov M.A. Modelling Production and Investment Strategies of a Machine-Building Enterprise. Moscow: Firma Blagovest-V; 2003.
4. Maltsev V.V. Hydraulics Should Be Russian. Bulletin of Hydraulics. 2019;1:12-15.
5. Zhdanov A.V., Titova N.V. Justification of Assumptions in Mathematical Modelling of Volumetric Hydraulic Drives to Select a Methodology for Their Diagnosis. In: Proceedings on Machines and Processes in Building. Omsk: SibADI; 2007. vol. 6. p. 157-160.
6. Titova N.V. Development of a Mathematical Model of a Gear Hydraulic Pump as an Element of a Computer-Aided Design System for Diagnostic Complexes. In: Proceedings. Omsk: Irtysh Branch of Novosibirsk State Academy of Water Transport; 2008; vol. 6. p. 160-163.
7. Ivanova G.S., Nichushkina T.N., Pugachev E.K. Object-Oriented Programming. Moscow: Bauman Press; 2001.

Information about the authors:

Orekhov Dmitry Vyacheslavovich
Leading Design Engineer at «Borox Hydraulics LLC»

Статья поступила в редакцию 11.02.2024; одобрена после рецензирования 28.02.2024; принята к публикации 03.03.2024.

The article was submitted 11.02.2024; approved after reviewing 28.02.2024; accepted for publication 03.03.2024.

Рецензент – Пугачев А.А., доктор технических наук, доцент, Брянский государственный технический университет.

Reviewer – Pugachev A.A., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Bryansk State Technical University.