

УДК 621.9(075)

В.А. Колюнов, Д.С. Баканин

РАЗРАБОТКА МЕТОДИК ВЫБОРА, РАСЧЕТА И БАЗ ДАННЫХ СИЛОВЫХ ПРИВОДОВ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Представлены: обзор существующих силовых приводов станочных приспособлений; специфики их применения с учетом типа машиностроительного производства; алгоритм выбора типа силового привода; логическая схема расчета основных параметров привода. Разработаны базы данных для трех типов силовых приводов, которые позволяют повысить эффективность и качество проектирования, подбора технологической оснастки на производстве.

Ключевые слова: технологическая оснастка, машиностроительное производство, металлообрабатывающие станки, структура проектирования, станочные приспособления, силовые приводы.

Затраты на технологическую оснастку для современных промышленных предприятий часто превышают стоимость металлорежущих станков. Задача повышения эффективности и качества технологической оснастки стала одной из важнейших народнохозяйственных проблем. Системно-функциональный, системно-структурный подход позволил выработать новую методологию проектирования приспособлений, которая вооружает конструктора методами поиска рациональных технических решений в условиях быстро усложняющихся и быстро меняющихся объектов производства.

Необходимость постоянного сокращения сроков изготовления больших объемов технологической оснастки в общем цикле подготовки производства новых изделий ставит задачу поиска путей решения рассматриваемой проблемы. Для этого на кафедре «Технология и оборудование машиностроения» НГТУ им. Р.Е. Алексеева разрабатывается система автоматизированного проектирования (САПР) станочных приспособлений (СП).

На сегодняшний день необходимо автоматизировать процесс проектирования с целью уменьшения объема рутинной канцелярской работы инженеров-конструкторов и инженеров-технологов. В то же время это обеспечит возможность разработки таких технологических процессов, которые рациональны и состоятельны.

Автоматизированное проектирование систем станочных приспособлений позволит:

- получить высокое качество проекта;
- провести более глубокую проработку вариантов;
- снизить трудоемкость проектирования;
- сократить численность инженеров-конструкторов;
- сократить производственные площади;
- повысить экономический эффект;
- создать благоприятные социальные условия для конструкторской деятельности.

САПР СП включает в себя следующие основные этапы:

1. Выбор подсистемы станочных приспособлений.
2. Расчет режимов резания.
3. Выбор рациональной схемы базирования.
4. Выбор расчетной схемы силового замыкания и расчет усилия закрепления W .
5. Выбор и расчет элементарных зажимных механизмов.
6. Проектирование силового устройства приспособления (база данных).
7. Расчет станочного приспособления на точность.
8. Разработка функциональной структуры и схемы общей компоновки приспособления.

9. Составление морфологических таблиц и выбор наиболее эффективных технических решений.

10. Технические характеристики и рабочее пространство станков (база данных).

11. Создание компоновок СП в t-flex CAD и организация хранения конструкций в t-flex DOCs (база данных).

Как известно, наибольшую долю вспомогательного времени составляет время на установку, закрепление и снятие обрабатываемой детали. Это время может быть значительно уменьшено за счет широкого внедрения быстродействующих станочных приспособлений с силовыми приводами, позволяющих быстро закреплять обрабатываемую деталь.

В настоящее время станочные приспособления оснащаются силовыми приводами, которые позволяют освободить рабочих от управления ими и повысить производительность обработки на 20-30%.

В зависимости от источника энергии и типа привода конструкции быстродействующих приспособлений подразделяются на следующие: 1) механические (с ручным зажимом и с зажимом, действующим за счет использования движений рабочих органов станка, например вращения шпинделя, холостых движений столов); 2) пневматические; 3) вакуумные; 4) гидравлические; 5) пневмогидравлические; 6) электрические; 7) электромагнитные; 8) магнитные; 9) центробежно-инерционные; 10) привод за счет упругих сил; 11) использование холода и сплава Вуда в качестве удерживающей силы и т.д. На рис. 1 представлена классификация силовых приводов станочных приспособлений в зависимости от источника энергии.

По степени автоматизации различают: механизированные и автоматизированные приводы. Отличительной особенностью автоматизированного привода является освобождение рабочего от приемов по управлению им.

Проанализированы существующие на сегодняшний день подходы к выбору силового привода. В основном можно выделить следующие подходы конструктора к выбору привода:

- метод экспертной оценки;
- принятие решения на основе типа производства и типа применяемого оборудования (при наличии гидросистемы на станке принимается гидропривод и для приспособления без какого-либо анализа);
- принятие решения на основе многолетнего личного опыта и особенностей производства;
- выбор типа привода по основным критериям.

Широко распространенным методом выбора привода является *метод экспертной оценки*, т.е. составляется ориентировочная статистика применяемых приводов, в соответствии с которой проводится анализ возможных вариантов и выбирается наиболее рациональный. Под экспертными оценками понимают комплекс логических и математических процедур, направленных на получение от специалистов информации, ее анализ и обобщение с целью подготовки и выработки рациональных решений. Данный метод применен Б.А. Челищевым и И.И. Фукс при составлении таблицы по выбору типа привода [7, с. 4].

Другим широко распространенным методом выбора типа привода является *выбор по основным критериям*. Данный метод является менее распространенным среди конструкторов, т.к. в основном они полагаются на личный опыт, применяя метод экспертных оценок.

Авторы книги [1] Аверченков В.И. и Ильицкий В.Б. предлагают алгоритм выбора типа силового привода станочных приспособлений в следующей последовательности:

1. Расчет необходимой силы закрепления W .
2. Выбор типа зажимного устройства (ТЗУ).
3. Выбор типа силового механизма.
4. Расчет и выбор передаточного отношения механизма.

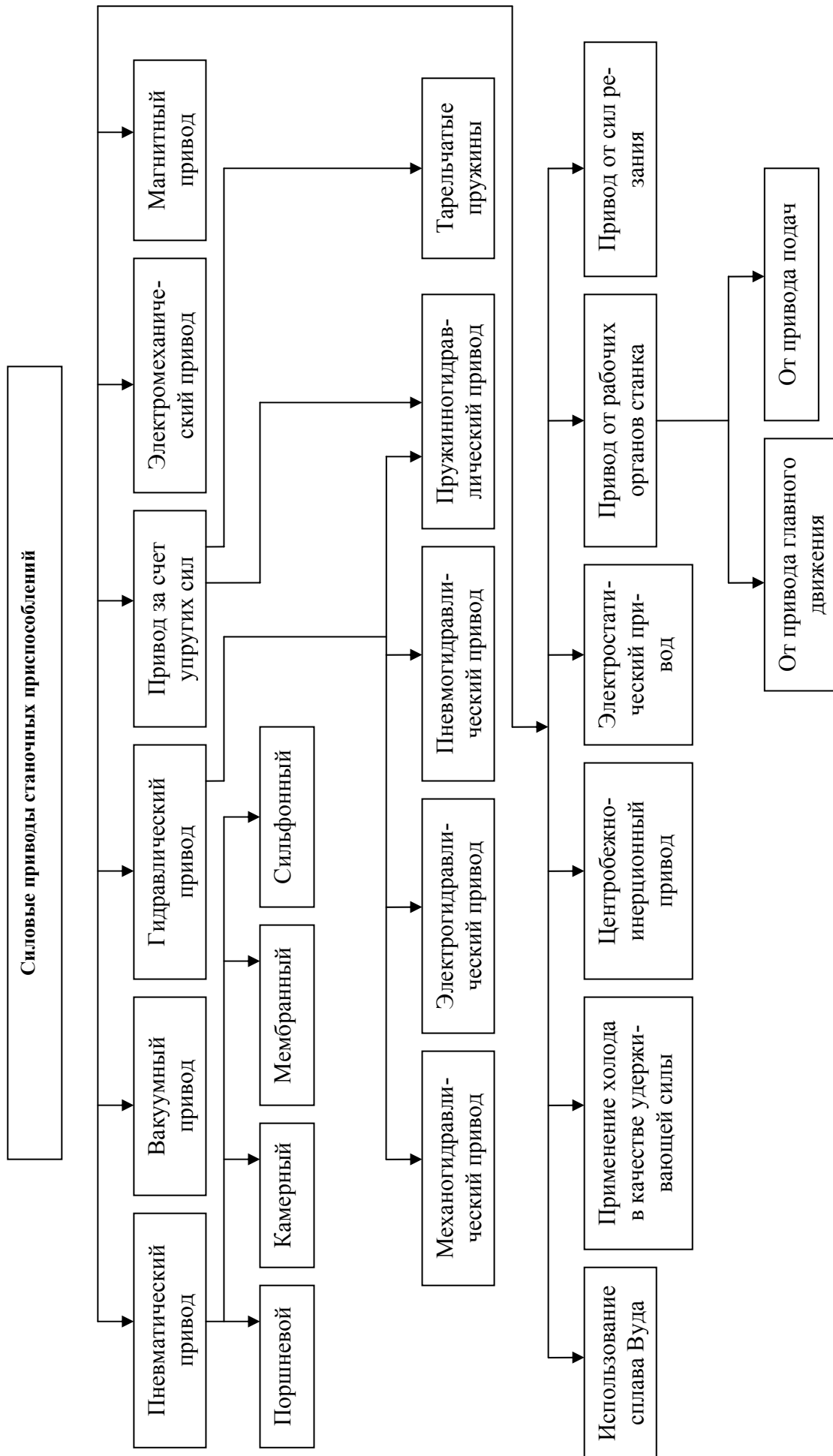


Рис.1. Общая классификация силовых приводов в зависимости от источника энергии

- 5. Выбор типа привода (ТП).
- 6. Расчет параметров силового привода.

Данный алгоритм был проанализирован и доработан.

Выбор типа силового привода станочных приспособлений в основном определяется выбором типа зажимного устройства (рис. 2), каждому из которых соответствуют определенные наиболее рациональные типы приводов. На рис. 3 представлен алгоритм выбора ТЗУ.

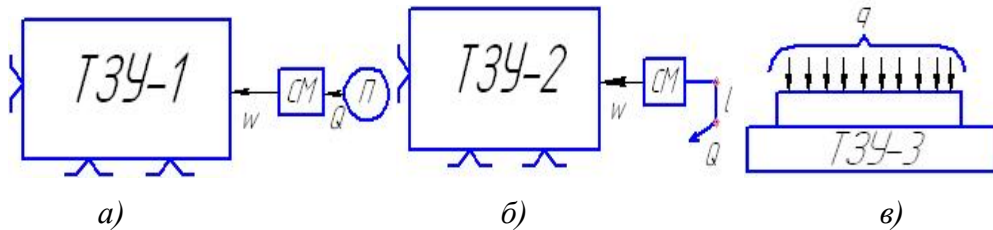


Рис. 2. Варианты типов зажимных устройств (ТЗУ)

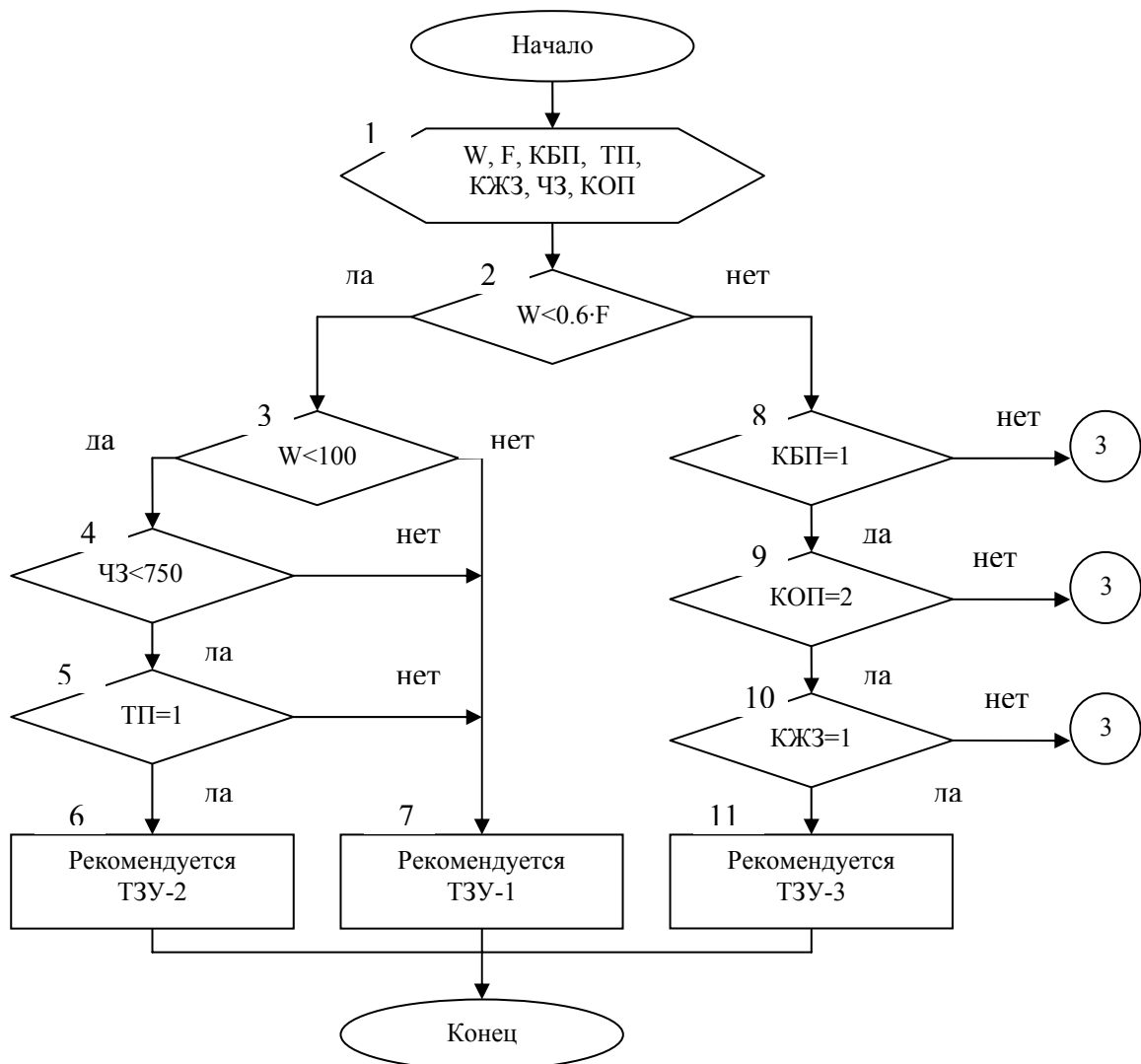


Рис. 3. Алгоритм выбора типа зажимного устройства

В качестве исходных данных для выбора ТЗУ используется совокупность факторов, которые описываются следующими кодами:

W - усилие закрепления, Н;

F - площадь поверхности контакта заготовки с опорами, м².

КБП - код формы поверхности:

КБП - 1 – плоскость;

КБП - 2 – цилиндрическая поверхность;

КЖЗ - код жесткости заготовки:

КЖЗ - 1 – нежесткие тонкостенные заготовки;

КЖЗ - 2 – жесткие заготовки.

КОП - качество обработки поверхности:

КОП - 1 – черновая обработка;

КОП - 2 – чистовая обработка.

Алгоритм, предложенный Аверченковым и Ильицким [1], был проанализирован и дополнен необходимыми критериями выбора, такими как:

1. $W < 100$ – данное условие говорит о том, что усилие на зажимных рукоятках не должно превышать 100 Н (10кг) по ГОСТ 12.2.029-88 [17];

2. $ЧЗ < 750$ – число закреплений в смену не должно превышать 750 для ручного типа привода.

3. ТП – тип привода:

- ТП=1 ручные зажимные устройства, требующие больших затрат вспомогательного времени на закрепление заготовки, целесообразно применять в единичном и мелкосерийном производствах;
- ТП=2 для крупносерийного и массового производства предназначены зажимные устройства с быстродействующими приводами (пневматические, гидравлические, пневмогидравлические и т.д.)

К первой группе (рис. 2, а) относятся зажимные устройства, имеющие в своем составе силовой механизм (СМ) и привод (П), который обеспечивает перемещение контактного элемента (К) и создает исходное усилие Q, преобразуемое силовым механизмом в силу зажима W. Во вторую группу (рис. 2, б) входят зажимные устройства, состоящие лишь из силового механизма, который приводится в действие непосредственно рабочим, прилагающим исходное усилие Q на плече l. Эти устройства иногда называют зажимными устройствами с ручным приводом. К третьей группе (рис. 2, в) относятся устройства, которые в своем составе не имеют силового механизма, а используемые приводы лишь условно можно называть приводами, так как они не вызывают перемещений элементов зажимного устройства и только создают зажимное усилие W.

Разработаны алгоритмы выбора типа привода для ТЗУ-1 и ТЗУ-3. ТЗУ-2 не был рассмотрен, поскольку данный алгоритм предназначен для выбора вида зажимного устройства, к которым относятся: рычажные, клиновые, винтовые, эксцентриковые, винто-рычажные, эксцентрикоребражные, и данная задача решается в отдельном модуле САПР станочных приспособлений, разрабатываемой на кафедре.

Рассмотрим алгоритм выбора типа привода для ТЗУ-1. Назначением данного алгоритма (рис. 3) является выбор типа механизированного силового привода (пневматического, пневмогидравлического, гидравлического или электромеханического, одно- или двустороннего действия).

Условиями выбора ТП являются следующие факторы:

W - усилие закрепления, Н;

ГС - наличие гидросистемы на станке:

- ГС=1 – нет гидросистемы на станке;
- ГС=2 – есть гидросистема на станке;

M - число автономно работающих прихватов в приспособлении;

ГЗ - габариты заготовки по массе:

- ГЗ=1 – до 10 кг;
- ГЗ=2 – 10-200 кг;
- ГЗ=3 – > 200 кг;

ХШ - ограничение хода штока:

- ХШ=1 – $XШ \leq 50$ мм,
- ХШ=2 – $XШ > 50$ мм

З - запыленность в цеху:

- З=1 – нет;
- З=2 – есть ;

ВПЭ - возможность постоянной подачи энергии:

- ВПЭ=1 – есть;
- ВПЭ=2 – нет.

Данный алгоритм значительно упрощает выбор типа силового привода, конструктор получает рекомендуемый тип и предварительно диаметр цилиндра в зависимости от габаритов заготовки, который на следующем этапе используется для расчета основных параметров привода.

Назначение алгоритма (рис. 4) – определить для третьей группы зажимных устройств тип привода, к которым относятся:

- 1) вакуумный привод;
- 2) электромагнитный привод;
- 3) магнитный привод;
- 4) электростатический привод.

Для электромагнитного привода условиями выбора являются следующие факторы:

q - давление, создаваемое устройством привода и определяемое соотношением:

$$\frac{W}{F} = q \cdot \lambda, \quad (1)$$

где λ – коэффициент потерь величины q , λ усреднено для всех типов приводов принимаем 0.9; F - площадь фактического контакта базовой поверхности заготовки с рабочей поверхностью приспособления ($F = B \cdot L$, где B , L - ширина и длина поверхности контакта, м);

ВМ - вид материала заготовки:

- ВМ=1 – немагнитные,
- ВМ=2 – магнитные,
- ВМ=3 – токопроводящие.

СТП - стоимость типа привода, оцениваемая рангом стоимости и учитывающая конструктивную и технологическую сложность каждого ТП.

Особенностью этого алгоритма является то, что в отдельных случаях анализируемые типы приводов группы ТЗУ-3 не могут удовлетворить всем условиям исходных данных, и возникает необходимость перехода к другим группам (ТЗУ-1 или ТЗУ-2). Последнее условие выполняется блоком 7.

Алгоритм выбора типа силового привода для станочных приспособлений был реализован при помощи языка программирования Visual Basic, т.к. он прост в обращении и позволяет, не имея обширных знаний в области программирования, реализовать любой алгоритм в полноценный программный продукт.

После решения задачи выбора типа привода перед конструктором стоит задача выбора или разработки конкретной конструкции силового привода, для чего необходимо проведение технических и проверочных расчетов. С этой целью был проведен анализ существующих методик расчета основных параметров пневматического, гидравлического и магнитного приводов станочных приспособлений, чтобы выстроить единый алгоритм расчета основных параметров для каждого типа.

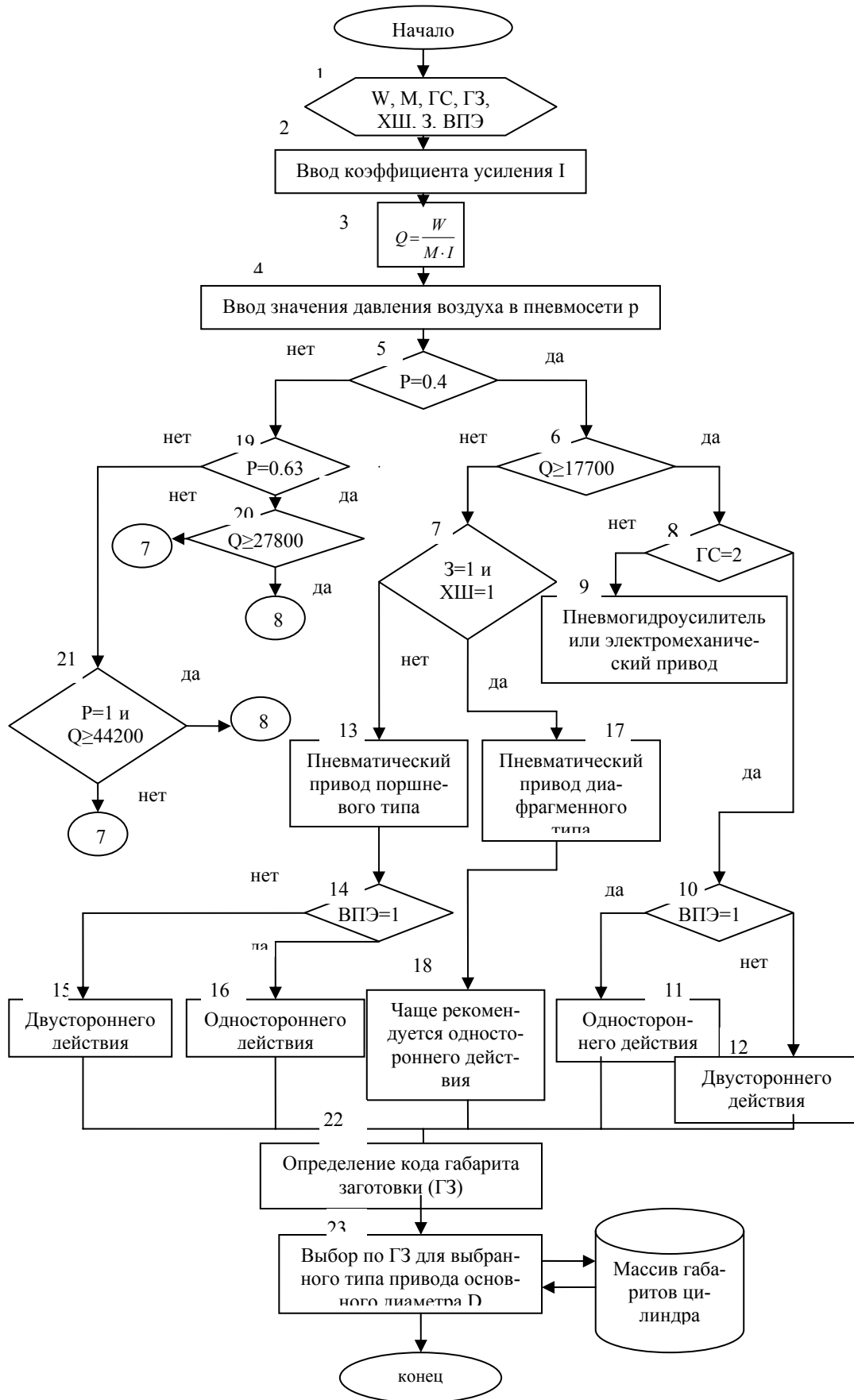


Рис. 4. Алгоритм выбора типа привода для ТЗУ-1

Для определения основных параметров пневматического привода были проанализированы методики расчета Вардашкина Б.Н. [9], Толстого М.А. [10], Ципорина Ю.А. [12], Ансерова М.А. [3], Андреева Г.Н. [2], Дзюбандовского К.А. [4] и Леринман С.М. [6].

Методики, предложенные Ансеровым М.А. [3], Дзюбандовским К.А. [4], Андреевым Г.Н. [2] и Вардашкиным Б.Н. [9] имеют одинаковый подход к расчету Q : при расчете усилия на штоке пневматического привода автор не использует коэффициент, учитывающий потери на трение в уплотнениях, как это делает Вардашкин Б.Н. [9], а проводит последовательный расчет сил трения в зависимости от применяемого уплотнения и давления рабочей среды. Ципорин Ю.А. уделяет этому внимание, так как усилие трения существенно влияет на работоспособность привода и играет немаловажную роль при расчете параметров привода.

С целью выявления наиболее рациональной методики расчета основных параметров гидравлического привода были рассмотрены и проанализированы методики Вардашкина Б.Н. [9], Ципорина Ю.А. [12], Кузнецова Ю.И. [11], Ансерова М.А. [3] и Андреева Г.Н. [2]. Расхождения в значениях Q составляют 0,05 – 0,22 %. При расчете основных параметров по методикам Вардашкина Б. Н. [9] и Андреева Г. Н. [2] для учета потерь на трение в гидравлическом цилиндре авторы применяют коэффициент полезного действия

Программное обеспечение модуля САПР по расчету параметров пневматического, гидравлического и магнитного приводов выполняем в программе MathCAD 11, которая является универсальным и современным средством для выполнения математических и технических вычислений.

1. Для разработки базы данных силовых приводов была применена программа T-Flex CAD, которая является профессиональной конструкторской программой.

2. База данных является объектно-ориентированной, построенной на основе PDM системы T-Flex DOCs.

3. Все конструкции являются параметрическими.

4. Данная база не является конечным вариантом, по мере необходимости она может пополняться новыми более прогрессивными конструкциями.

5. Удобство пользования базой.

Выбор программного обеспечения для создания базы данных производится на основе анализа и сравнения характеристик этих программных продуктов. В табл. 1 приведен анализ наиболее из известных программных продуктов. В качестве CAD/CAM системы для создания базы данных конструкций силовых приводов выбираем продукт фирмы «Топ Системы» T-FLEX CAD, обладающий широкими возможностями параметризации. База данных является объектно-ориентированной, построенной на основе PDM системы T-Flex DOCs, являющаяся корпоративной системой электронного документооборота и управления инженерными данными об изделиях.

Таблица 1

Сравнительные характеристики программных продуктов для реализации базы данных конструкций силовых приводов

Программный продукт	Стоимость, у.е.	Освоение ПО	Возможности ПО
T-Flex	2895	Среднее	Широкие
Cimatron	10000	Среднее	Широкие
Unigrafics	15000	Сложное	Широкие
AutoCAD	1040	Легкое	Узкие

На рис. 5 представлена структура объектов, относящихся к пневматическим приводам. Как видно из рисунка, база данных включает в себя типовые схемы подключения пневмоаппаратуры, ГОСТы и заводские нормали, которые могут включать в себя конструкции, разработанные на конкретном предприятии. ГОСТы представлены как в текстовом варианте, так и в графическом, таким образом, есть возможность получить и трехмерную параметризованную модель пневмоцилиндра, и двухмерный чертеж конструкции.

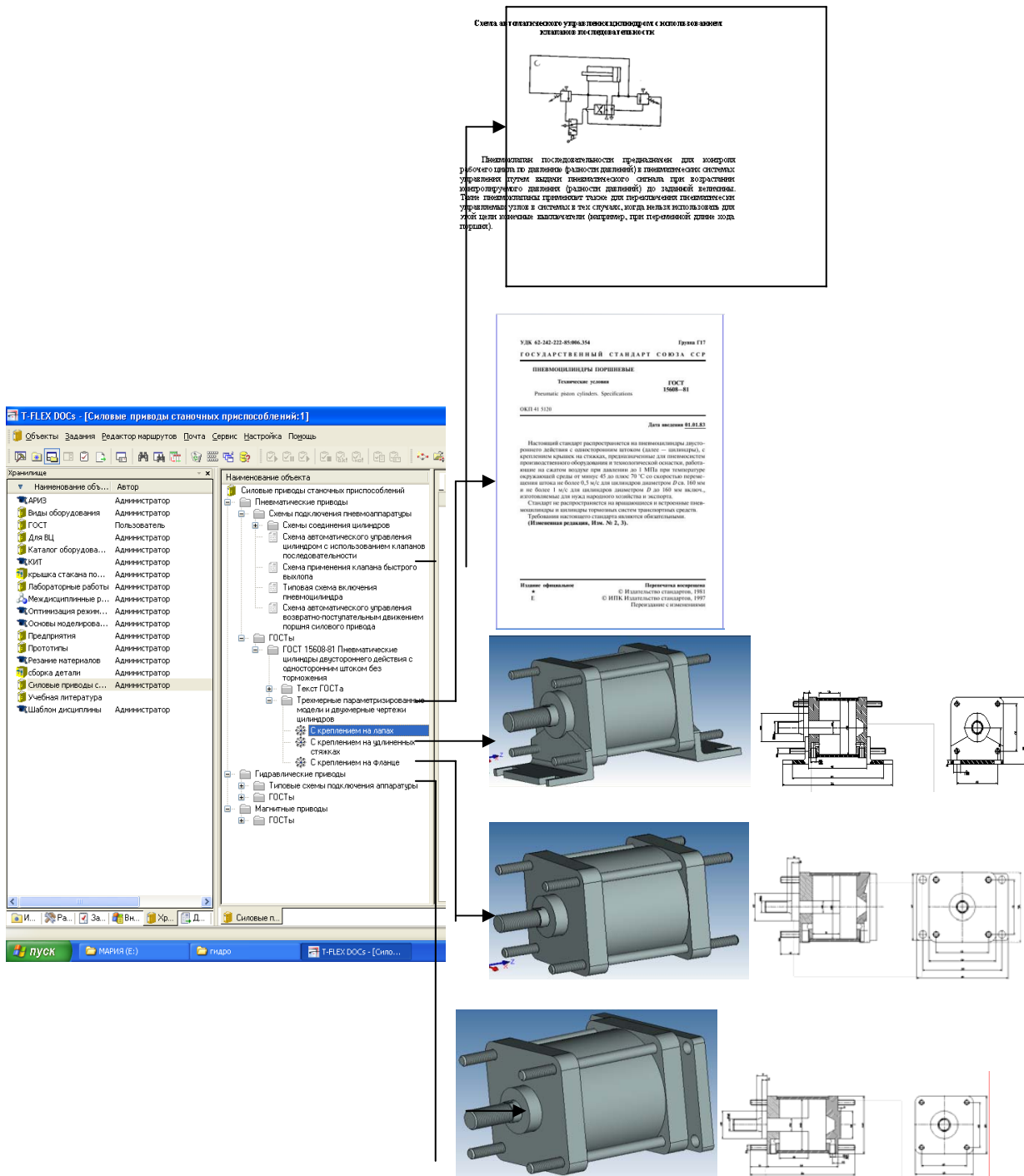


Рис. 5. Объекты, входящие в категорию «Пневматические приводы»

Аналогичные базы данных разработаны и для других типов силовых приводов.

Библиографический список

1. **Аверченков, В.И.** Автоматизация проектирование приспособлений: учеб. пособие / В.И. Аверченков, В.Б. Ильицкий. – Брянск: БИТМ, 1969. – 174 с.
2. **Андреев, Г.Н.** Проектирование технологической оснастки машиностроительного производства: учеб. пособие для машиностроительных спец. вузов / Г.Н. Андреев, В.Ю. Новиков, А. Г. Схиртладзе; под ред. Ю. М. Соломенцева. – 2-е изд. испр. – М.: Высш. шк., 1999.
3. **Ансеров, М.А.** Приспособления для металлорежущих станков / М.А. Ансеров. – 4-е изд., испр. и доп. – Ленинград: Машиностроение, 1975. – 656 с.

4. **Дзюбандовский, К.А.** Пневматические приспособления. Проектирование и эксплуатация / К.А. Дзюбандовский. – Л.: Машиностроение, 1969. – 144 с.
5. **Константинов, О.Я.** Расчет и конструирование магнитных и электромагнитных приспособлений / О.Я. Константинов. – Л.: Машиностроение, 1967. – 316 с.
6. **Леринман, С.М.** Инженерный расчет пневматических цилиндров / С.М. Леринман, М.И. Перельцвайг. – Л.: Ленинградское областное отделение общества «Знание» РСФСР, 1963.
7. Пневматические силовые приводы и системы управления. – М.: НииМаш Станкостроение, 1966.
8. Прогрессивные конструкции станочных приспособлений / Блюмберг В.А. [и др.]. – Ленинград: Машиностроение, 1968. – 269 с.
9. Станочные приспособления: справочник. В 2-х т. Т. 1 / под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова. – М.: Машиностроение, 1984. – 592 с.
10. **Толстов, М.А.** Пневматические и пневмогидравлические приспособления / М.А. Толстов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машгиз, 1961. – 272 с.
11. **Ципорин, Ю.А.** Основы конструирования пневматических и гидравлических приспособлений / Ю.А. Ципорин, Ю.И. Кузнецов. – М.: Машгиз, 1961. – 340 с.
12. **Ципорин, Ю.А.** Механизмы технологической оснастки. Станочные приспособления / Ю.А. Ципорин. – М.: Машиностроение, 1964. – 340 с.

*Дата поступления
в редакцию 06.04.2017*

V.A. Kolunov, D.S. Bakanin

DEVELOPMENT OF METHODS FOR SELECTION OF POWER MACHINE TOOLS

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeyev

Purpose: The purpose of this article is to present a technique of selecting the type of power drive to machine tools.

Methodology: The review of existing methods in order to choose the complete one, the development of an algorithm such as power drives, the development of a database of power drives.

Findings: Made an overview of the existing power drive machine tools, principal schemes their work and features of use.

Key words: tolling, machine-building production, metalworking machines, design structure, machine tools, power drive.