Технология и технологические машины

УДК 621.9:658.511.4:681.52

Автоматизация поддержки решений при подготовке производства гидроцилиндров

А.В. Зайцев

Изложена концепция построения и методический подход к реализации интегрированной системы автоматизированной поддержки решений при подготовке производства гидроцилиндров общемашиностроительного применения. Система базируется на параметризации конструирования решений формально определяемых оценок конструктивного и технологического подобия деталей гидроцилиндров.

Ключевые слова: автоматизация, техническая подготовка, гидроцилиндр, параметризация.

Automated decision support in the preparation of the production of hydraulic cylinders

A.V. Zaitsev

There is discussed concept of building and methodical approach to implementing an integrated automated decision support system in hydraulic cylinders production preparation. The system is based on the parameterization of the design decisions is formally defined by the estimates of the constructive and technological similarity of parts of hydraulic cylinders.

Keywords: automatization, technical preparing, hydraulic cylinder, parameterization.

ЗАЙЦЕВ
Александр Вячеславович
студент
кафедры «Технология машиностроения»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана;
e-mail:
aieksandir@rambler.ru)

Гидравлические цилиндры, как общего так и специального назначения, являются одним из наиболее востребованных изделий на рынке машиностроительной продукции. Повышение конкурентоспособности гидроцилиндров требует сокращения длительности технической подготовки их производства при высоком качестве формируемых проектных решений, что может быть обеспечено лишь при автоматизации поддержки последних.

Гидроцилиндр общего назначения является практически идеальным объектом для автоматизации технической подготовки его производства. Вместе с тем состояние последней на отечественных предприятиях характеризуется рядом существенных недостатков:

• при разработке гидроцилиндров в недостаточной мере учитывают возможности параметрического конструирования и наличие устойчивых зависимостей конструктивно-технологических параметров их основных деталей от эксплуатационных параметров цилиндра;

• существует значительное и неоправданное разнообразие конструктивных исполнений (даже для гидроцилиндров одного типа); уровень унификации конструкций недостаточен, в них присутствуют нетехнологичные элементы;

• отсутствуют методики объективного поиска технологических процессов-аналогов, уровень их параметризации недостаточен;

• при преобразовании процессов-аналогов в единичные необходима их существенная корректировка, достигающая по структуре 60% и более;

• формируемые проектные решения субъективны и зависят от опыта и знаний проектировщика.

Сказанное усугубляется, например, применением при изготовлении деталей заготовок устаревших видов, устаревшими и малоэффективными уплотнениями подвижных соединений гидроцилиндров и т. д.

Представляется весьма актуальным создание интегрированной (проблемно-ориентированной) системы поддержки решений при технической подготовке производства гидроцилиндров. Предлагаемая концептуальная модель такой системы показана на рис. 1.

Параметрическое конструирование гидроцилиндров (см. рис. 1, блок А1) базируется на параметризованных моделях деталей и сборочных единиц, связывающих параметры элементов конструкций деталей с основными эксплуатационными параметрами гидроцилиндра. Выполненный автором анализ типов существующих гидроцилиндров показал, что доминирующим их типом является гидроцилиндр двустороннего действия, одноступенчатый с односторонним штоком (более 90% по номенклатуре).

Главным параметром гидроцилиндра, определяющим его важнейшие конструктивные

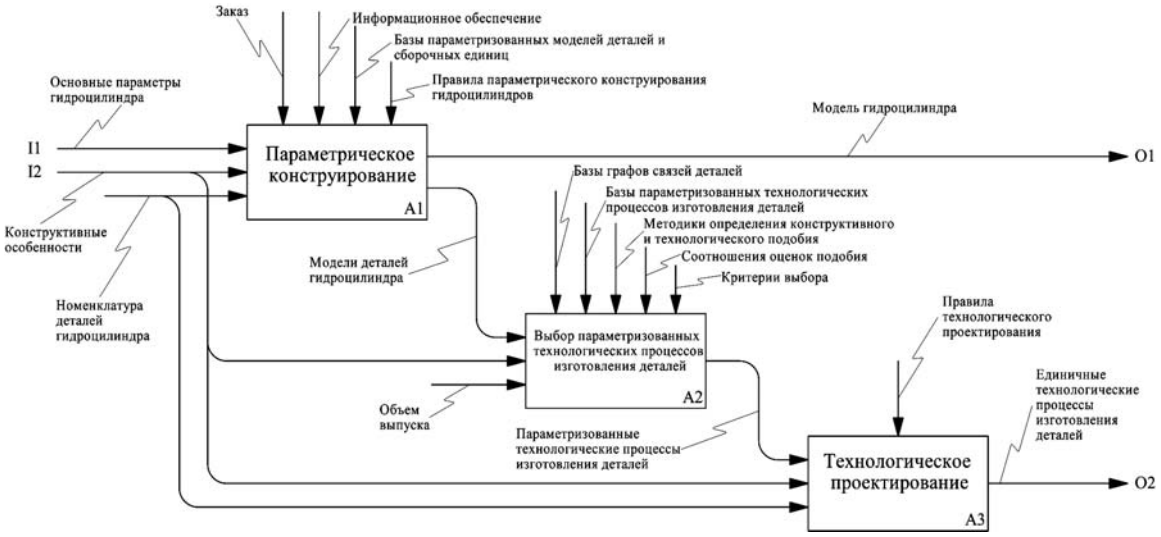


Рис. 1. Концептуальная модель системы автоматизированной поддержки решений при технической подготовке производства гидроцилиндров

и эксплуатационные свойства, является внутренний диаметр его гильзы *D*. К основным параметрам гидроцилиндра относят: рабочее давление *p*; диаметр штока *d*; ход поршня *H*. При конструировании гидроцилиндра обычно исходят из заданного максимального усилия на его штоке *Q* и при заданном значении p определяют внутренний диаметр гильзы *D*. У гидроцилиндров доминирующего типа в соответствии с ГОСТ 6540—68 $D = 50...200$ мм; $p = 10...32$ МПа; $H = 50...1800$ мм.

После задания главного и основных параметров система должна обеспечивать определение всех остальных параметров и технологических атрибутов конструкции при минимальном диалоге с пользователем. На рисунке 2 показан параметризованный эскиз присоединительной части

Таблица 1

К определению значений параметров присоединительной части крышки задней

№ п/п	Параметр	Обозначение	Значение	Примечание
1	Присоединительный диаметр	*D*		*D* — диаметр гильзы
2	Допуск на присоединительный диаметр	*TD*	8*u*, ..., 8*x*	—
3	Шероховатость поверхности присоединительного пояска	*RaD*	*Ra* 3,2; ...; *Ra* 6,3 мкм	—
4	Длина присоединительного пояска	*LD*	6...8 мм	—
5	Размеры заходной фаски	*fD*	1×45°	—
6	Диаметр буртика	*Dv*	*Dv*=*D* + 4 мм	*D* — присоединительный диаметр
7	Длина буртика	*Lv*	2...4 мм	—
8	Диаметр выточки	*Dp*	*Dp* = (0,8...0,9)*D*	*D* — присоединительный диаметр
9	Длина выточки	*Lp*	5...10 мм	—
10	Размеры внутренней фаски	*fp*	1×45°	—
11	Расстояние от торца до лыски	*aY*	5...7 мм	—
12	Расстояние от торца до отверстия для подвода жидкости	*a*	*a*>2,2*dS*2 + *aY*	*dS*2 — диаметр отверстия под заднюю бобышку; *aY* — расстояние от торца до лыски
13	Диаметр горизонтального канала для подвода рабочей жидкости	*do*	*Do* = *dS*2	*dS*2 — диаметр отверстия под заднюю бобышку
14	Расстояние от плоскости лыски до оси	*HY*	*HY* = (0,84...0,95)(*D*+2*S*)	*D* — присоединительный диаметр; *S* — толщина гильзы
15	Глубина радиального отверстия	*g*	*G* = (0,4...0,6)*Dp*	*Dp* — диаметр выточки
16	Длина цилиндрической части крышки задней	*La*	*La* = *a*+2,2*dS*2	*a* — расстояние от торца до отверстия для подвода жидкости; *dS*2 — диаметр отверстия под заднюю бобышку
17	Расстояние от торца до отверстия под подшипник	*Ld*	50...150 мм	—
18	Угол наклона отверстия для подвода рабочей жидкости	λ	0...90°	—
19	Допуски линейных и диаметральных размеров (кроме *D*)	*Tld*	*IT*14	—
20	Шероховатость поверхностей (кроме присоединительного пояска)	*Rld*	*Ra* 6,3; ...; *Ra* 12,5 мкм	—

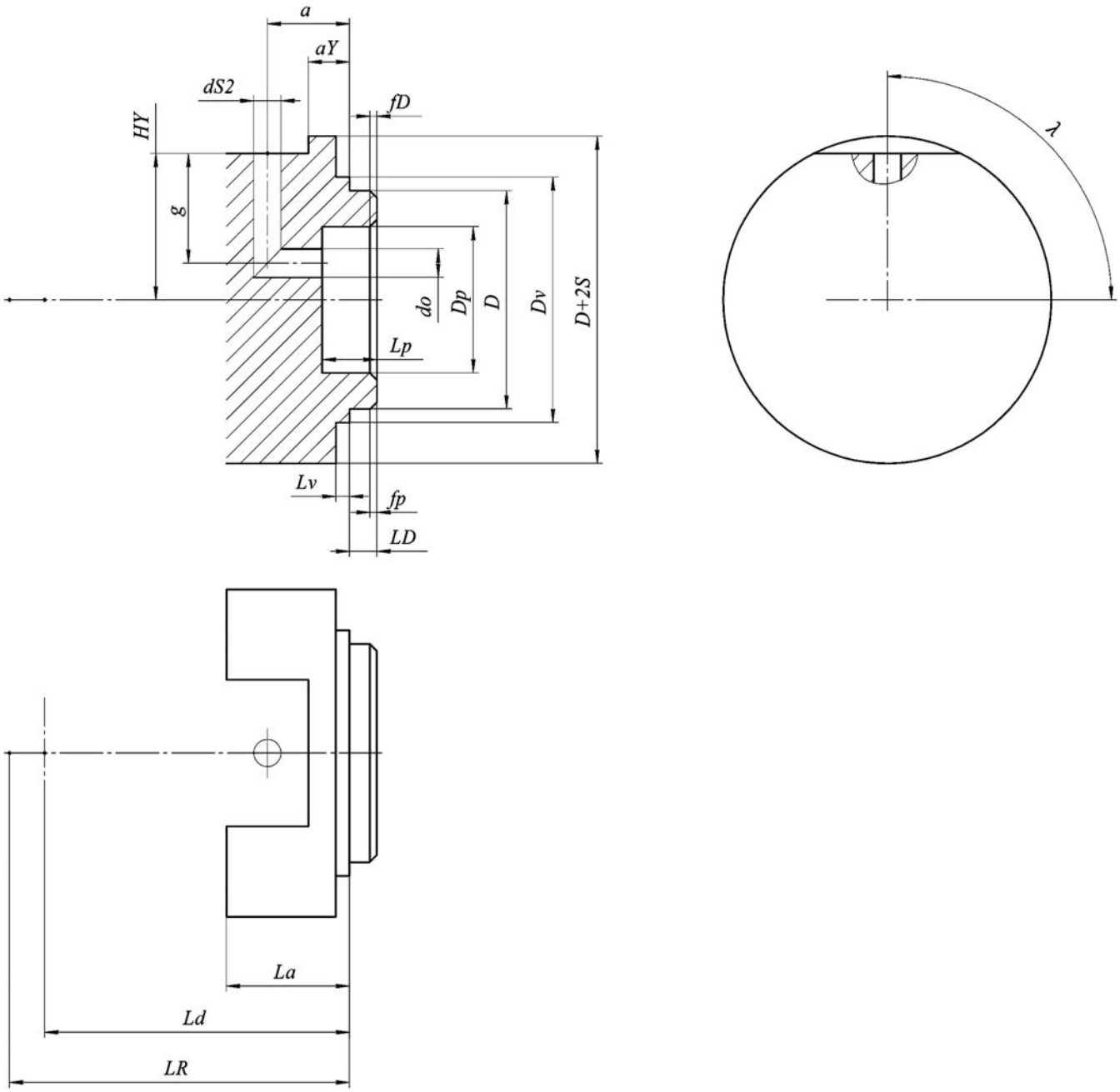


Рис. 2. Параметризованный эскиз присоединительной части крышки задней

крышки задней, необходимые зависимости к определению значений параметров даны в табл. 1.

Параметризованные модели деталей должны соответствовать принятому на предприятии-изготовителе уровню унификации конструкций гидроцилиндров и отражать фирменный стиль изготовителя, что позволяет конструировать детали при минимальном диалоге пользователя с автоматизированной системой. При этом обеспечивается единообразие конструктивных элементов деталей и повышается уровень унификации последних. Существует возможность путем обобщения статистической информации о конструкциях гидроцилиндров оптимизировать или даже частично стандартизировать их.

Для поиска и выбора параметризованных технологических процессов изготовления деталей гидроцилиндров (см. рис. 1, блок А2) перспективно использование формально определяемых оценок подобия технологических объектов [1]. Это позволяет не только автоматизировать про-

цесс поиска технологических процессов-аналогов, но и повысить объективность его результатов.

Конструктивное подобие деталей оценивают, сравнивая их элементный состав и множества связей элементов. Основными элементами конструкций деталей предложено рассматривать сочетания поверхностей, обладающих общностью технологии формообразования (технологические комплексы [2]).

Технологический комплекс (Т-комплекс) — совокупность поверхностей различных типов, которые могут быть обработаны совместно при непрерывном движении инструмента по заданной траектории или обработаны комплектом последовательно используемых инструментов. Конструкция детали может быть представлена графом, узлами которого являются Т-комплексы обрабатываемых поверхностей, а ребрами — условно отображаемые связи между ними. При построении графов связей придерживаются определенных правил (не рассматриваемых подробно в представленной работе).

Количественное оценивание конструктивного подобия деталей возможно, если соблюдены условия сравнимости:

1) тождественность функций, выполняемых сравниваемыми деталями в сборочных единицах (машинах); в машинах устоявшихся конструкций — тождественность наименований в спецификациях;

2) принадлежность сравниваемых деталей одному диапазону габаритных размеров и размеров функциональных (рабочих) поверхностей;

3) принадлежность к одному классу по принятому классификатору;

4) сходство группы материала и его основных свойств (технологических и эксплуатационных);

5) сходство основных производственно-технических и эксплуатационных показателей качества.

Независимые оценки конструктивного подобия деталей могут быть получены:

- по составу описывающих их Т-комплексов ($S_{\text{к}}^{\text{сост}}$);
- по структуре (связям) Т-комплексов ($S_{\text{к}}^{\text{стр}}$).

Количественно обе оценки можно определить по формуле

$$\left(S_{\text{к}}^{*}\right)_{A,B} = \frac{2m}{a+b}, \qquad (1)$$

где $\left(S_{\text{к}}^{*}\right)_{A,B}$ — значение выбранной оценки ($S_{\text{к}}^{\text{сост}}$) или ($S_{\text{к}}^{\text{стр}}$) конструктивного подобия деталей A и B. Для оценки $\left(S_{\text{к}}^{\text{сост}}\right)_{A,B}$ m — число тождественных Т-комплексов в составах деталей A и B; a, b — число Т-комплексов в составах деталей A и B соответственно. Для выбранной оценки $S_{\text{к}}^{\text{стр}}$ m — число тождественных связей Т-комплексов деталей A и B; a, b — число связей в сравниваемых графах деталей A и B соответственно (табл. 2).

Под технологическим подобием в контексте решаемой задачи понимают подобие маршрутных технологических процессов изготовления деталей, определяемое в соответствии с разработанной системой оценок как по их составу, так и по структуре [1, 3]. Для количественного определения оценок используют аналогичные (1) зависимости в сочетании с правилами, учитывающими специфику оценок (см. табл. 2).

Проведенными исследованиями доказано, что формально определяемые оценки технологического и конструктивного подобия деталей функционально связаны:

$$S_{\text{к}}^{\text{стр}} \approx 0{,}83 S_{\text{к}}^{\text{сост}}. \qquad (2)$$

Зависимости оценок технологического подобия от оценок конструктивного подобия удовлетворительно аппроксимируются линейными функциями с относительной погрешностью не более 11%.

В частности, для крышек задних гидроцилиндров

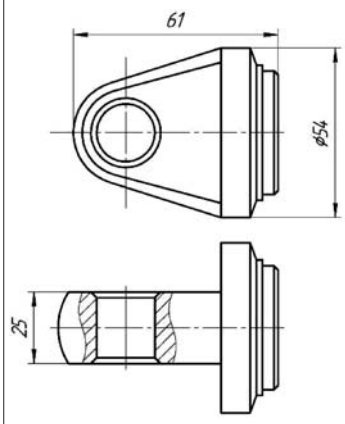
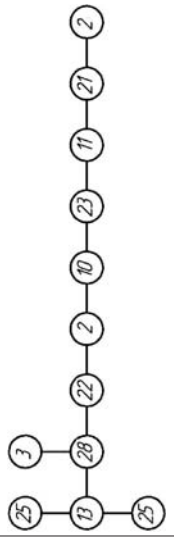
$$S_{\text{тех}} = 0{,}509 S_{\text{к}}^{\text{сост}} + 0{,}347. \qquad (3)$$

Оценки подобия применимы для объективного поиска технологических процессов-аналогов изготовления деталей гидроцилиндров (рис. 3).

Сформированные (см. рис. 1, блок А1) модели деталей гидроцилиндра, поступающие на

Таблица 2

Пример определения оценок технологического $S_{тех}$ и конструктивного $S_к^{сост}$; $S_к^{стр}$ подобия для крышки задней гидроцилиндра

№	Эскиз	Маршрутный ТП	Граф связей	$S_{тех}$	$S_к^{сост}$	$S_к^{стр}$
1		1. Входной контроль 2. Перемещение 3. Ленточно-пильная (Siloma OL261M) 4. Токарная с ЧПУ (TNL-130AL 3х. к. патрон) 5. Токарная с ЧПУ (TNL-130AL 3х. к. патрон + центр) 6. Перемещение 7. Вертикально-фрезерная (6Т13Ф20) 8. Вертикально-фрезерная (6Т13Ф20) 9. Токарно-винторезная (16К20) 10. Токарно-винторезная (16К20) 11. Токарно-винторезная (16К20) 12. Слесарная 13. Моечная 14. Контрольная		0,63	0,59	0,53

вход блока А21 (см. рис. 3), содержат полную информацию о составе деталей, определяемом списком Т-комплексов и графе связей последних. Конструктивные особенности деталей не предусмотрены в их параметризованных моделях и вводятся интерактивно.

В блоке А21 (см. рис. 3) проверяют условие сравнимости разработанных конструкций деталей гидроцилиндра и аналогичных конструкций, хранящихся в базах данных. В зависимости от используемой оценки конструктивного подобия определяют конструкции деталей максимально подобные разработанным (первичные аналоги).

По соотношению (3) прогнозируют ожидаемые значения оценок технологического подобия для каждой разработанной детали и детали, наиболее близкой по оценке конструктивного подобия (см. рис. 3, блок А22). Используя маршрутный технологический процесс изготовле-

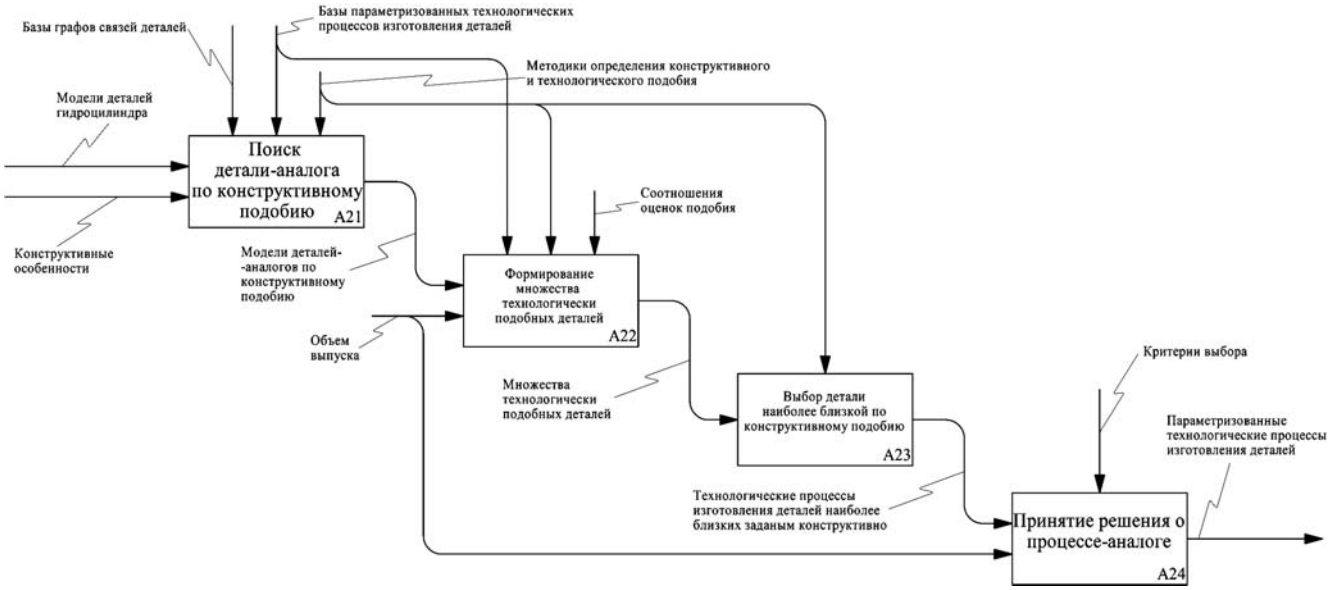


Рис. 3. Концептуальная модель блока выбора параметризованных технологических процессов изготовления деталей (блок А2, см. рис. 1)

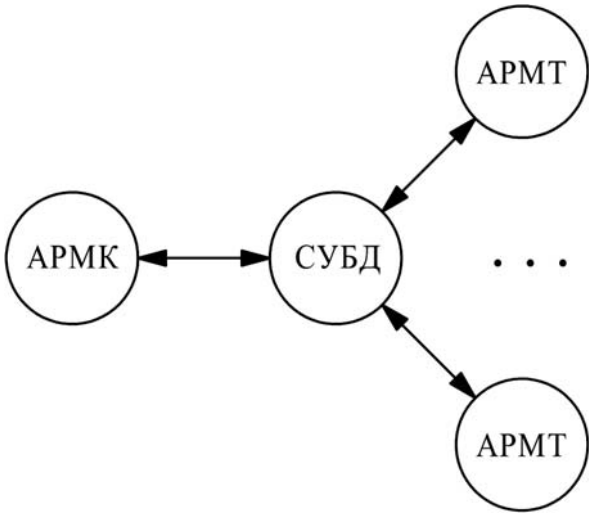


Рис. 4. Схема организации системы автоматизированной поддержки решений при технической подготовке производства

ния первичного аналога как базовый, формируют множество технологически подобных деталей с учетом погрешностей аналогичных (3) зависимостей.

Среди деталей сформированного множества выбирают максимально подобную конструктивно заданной (см. рис. 3, блок А23). Технологический процесс ее изготовления принимают за окончательный процесс-аналог (см. рис. 3, блок А24).

Выполняя структурно-параметрическую модификацию процессов-аналогов (см. рис. 1, блок А3), преобразуют их в единичные технологические процессы изготовления разработанных деталей гидроцилиндра.

При технической реализации предлагаемой системы наиболее целесообразна ее сетевая организация, обеспечивающая взаимодействие автоматизированных рабочих мест конструкторов (АРМК) и технологов (АРМТ) через общую систему управления базами данных (рис. 4, СУБД). В качестве СУБД могут быть рекомендованы СУБД SQLBase и MySQL, отличающиеся простотой, высокой скоростью обработки информации при относительно невысокой стоимости.

Выводы

1. Существует актуальная потребность в создании интегрированной системы автоматизированной поддержки решений при технической подготовке производства гидроцилиндров.

2. Предлагаемая система автоматизированной поддержки решений базируется на параметризации конструирования и использовании при формировании решений формально определяемых оценок конструктивного и технологического подобия деталей гидроцилиндров.

3. Реализация предложенного подхода позволит сократить длительность технической подготовки за счет снижения требуемой корректировки процессов-аналогов (по предварительным расчетам не мене чем на 20%) при высоком качестве формируемых решений.

Литература

1. *Кондаков А.И.* Структурное наследование и подобие технологических объектов // Вестник МГТУ. Машиностроение. 1997. № 2. С. 89—95.

2. *Кондаков А.И.* Формирование информационной основы проектирования маршрутных процессов изготовления деталей // Справочник. Инженерный журнал. 2001. № 3. С. 15—20.

3. *Кондаков А.И., Зайцев Е.Б., Терехин М.В.* Использование подобия решений для повышении эффективности технологической подготовки производства // Вестник машиностроения. 2004. № 6. С. 18—24.

Статья поступила в редакцию 09.04.2012