

12 декабря 2002 г., 10.00 – 13.00
6-й учебный корпус БНТУ
аудитория 401

Руководители секции:

Филонов И.П. – д.т.н., профессор

Мрочек Ж.А. – д.т.н., профессор

Спиридонов Н.В. – д.т.н., профессор

Секретарь: **Фролов И.С.** – к.т.н., доцент

УДК 621.001.24

И.П. Филонов, Л.В. Курч

**КОМПЬЮТЕРНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ,
ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ,
СЕБЕСТОИМОСТИ И ТРУДОЗАТРАТ**

*Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Беларусь*

В условиях сложившейся экономической ситуации в Республике Беларусь представляется целесообразным поиск новых путей и методов совершенствования технологических процессов с точки зрения оптимизации их основных технико-экономических показателей (себестоимости, энергопотребления и трудоемкости). Разрабатываемое программное обеспечение проектирования маршрутных технологических процессов на CD-ROM позволит, на наш взгляд, автоматизировать данный процесс проектирования и облегчить поиск новых, оптимальных с точки зрения наилучших технико-экономических показателей, технологических процессов. В докладе представлена информация, поясняющая предлагаемую методику численной многовариантной оценки эффективности маршрутного технологического процесса по трем критериям – себестоимости, энергопотреблению и трудоемкости.

Информационная структура задачи "Повышение эффективности ТП"

Для решения любой задачи используется ограниченный набор типов информации. В связи с этим, основываясь на математической (логической) модели решаемой задачи, строится ее информационная структура. В процессе построения информационной структуры задачи необходимо акцентировать внимание, не на особенностях про-

цесса решения отдельных этапов задачи, а на том какая информация необходима в качестве входной для решения подзадач и какие типы информации мы получаем после решения определенных подзадач.

В качестве задач информационная структура, которых подлежит исследованию следует выделить следующие задачи:

1) проектирование технологического процесса - в качестве каркаса для исследования информационной насыщенности данной задачи можно принять "Этапы проектирования технологических процессов ТП".

2) примерная информационная структура задачи "Повышение эффективности ТП" представлена на рис.4.1

Для выявления неделимых информационных конструкций "Электронного справочника" на рис.4.2 приводится его информационная структура.

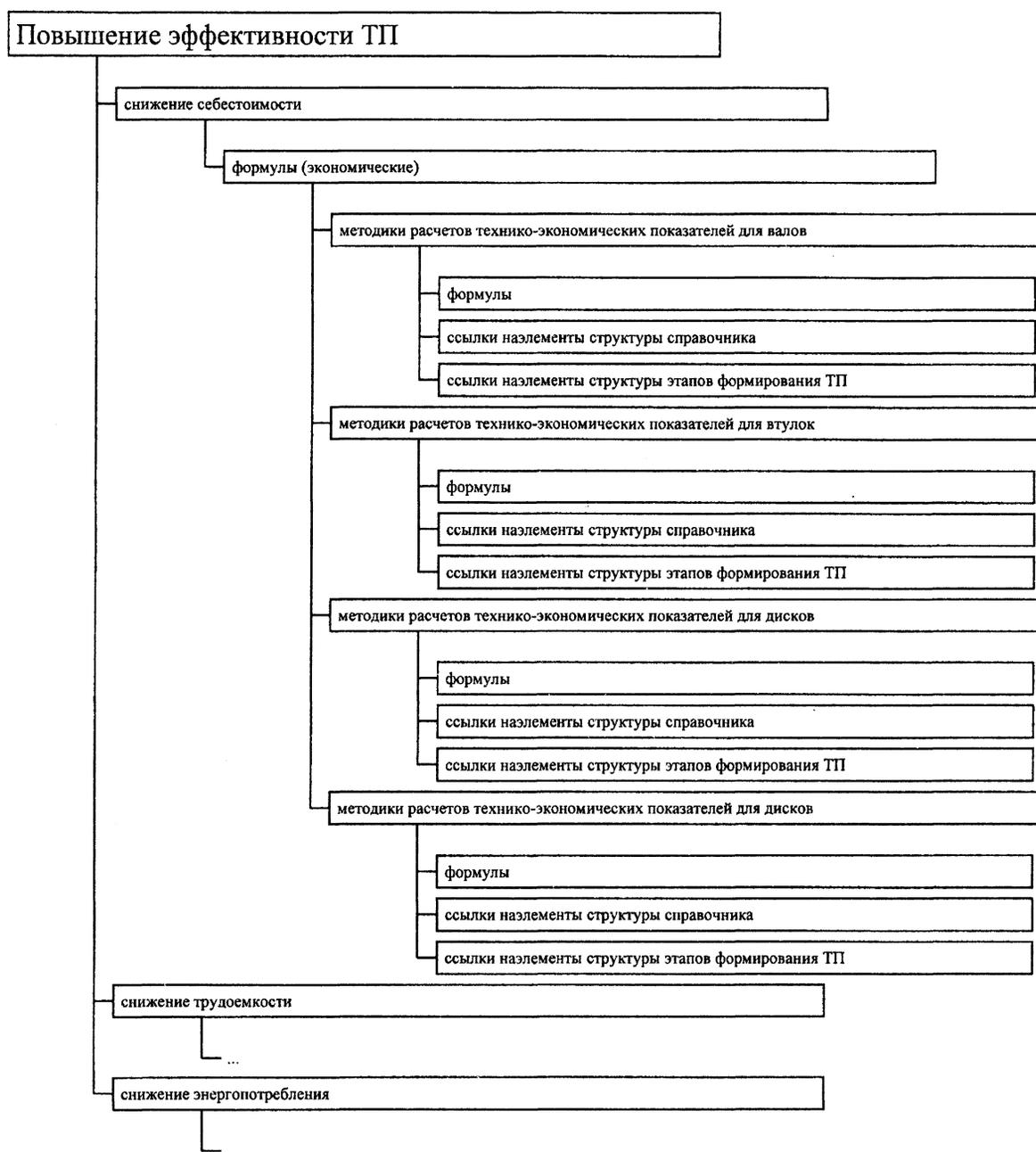


Рис.1. Информационная структура задачи "Повышение эффективности ТП"

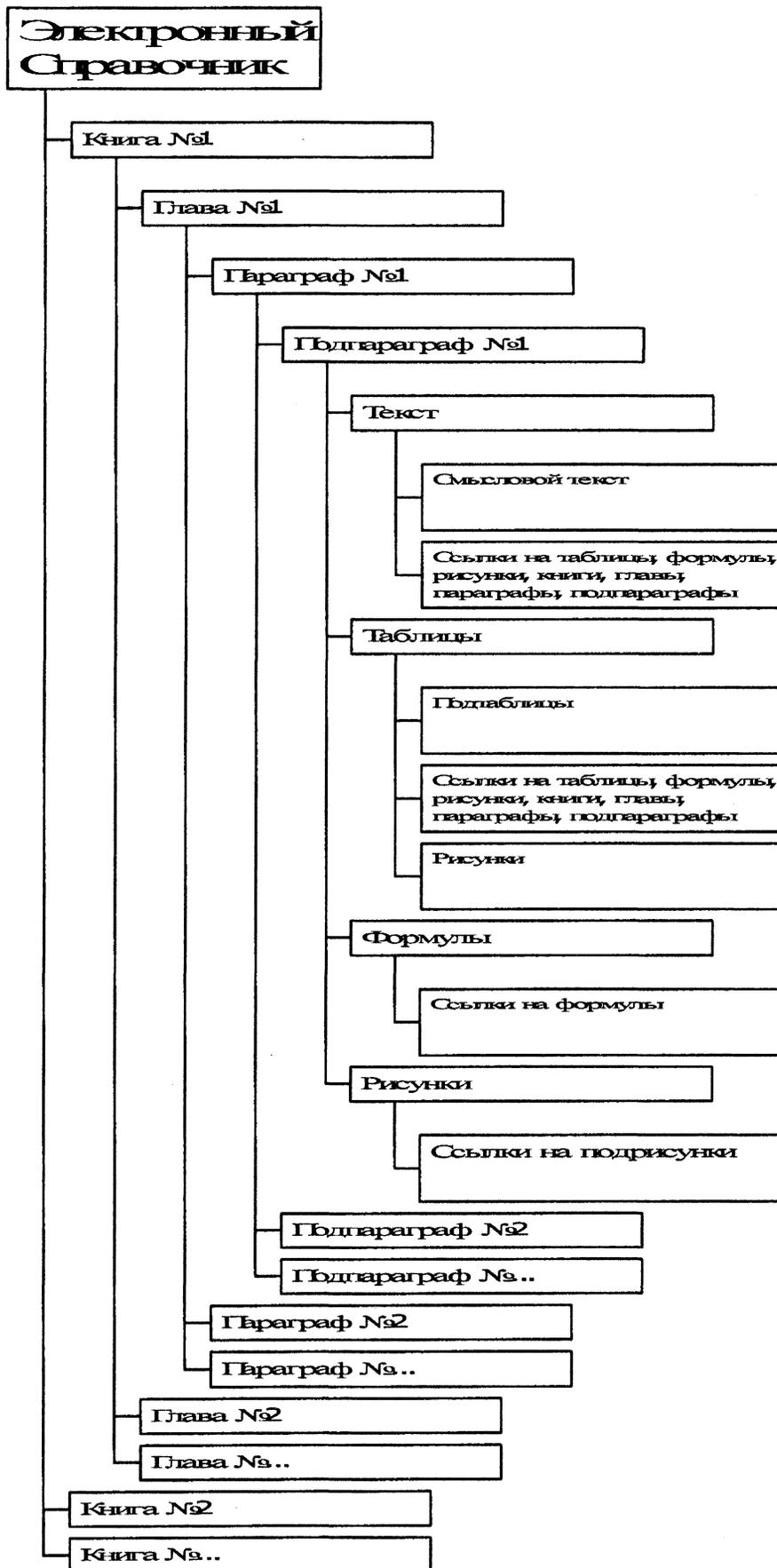


Рис. 2 Информационная структура "Электронного справочника"

Применяемость программного обеспечения

Предлагается 3 уровня программного обеспечения “информативности литературных источников” для трех уровней пользователя (см. Табл. 1).

Табл. 1 - Применяемость программного обеспечения “Оценка информативности литературных источников”

Уровни пользователей:	Уровни программного продукта		
	1	2	3
1. Библиотекарь			
2. Специалист в области технологии машиностроения			
3. Специалист в области ТМ + программист (группа экспертов в области разработки программного обеспечения по технологии машиностроения)			

В зависимости от уровня программного продукта предоставляются следующие возможности программного обеспечения “Оценка информативности литературных источников”:

- I. - сравнительный анализ используемых источников с целью выявления наиболее информативного.
Результат: экономия времени при первоначальном анализе используемых источников.
- II. - выявление информативности отдельных разделов используемого источника.
Результат: ускорение процесса подготовки к накоплению исходной информации для разработки технологических операций;
- III. - оценка и корректировка информационных связей в справочнике.
Результат:
 - A. построение структуры электронного справочника, приемлемой для конкретного предприятия имеющего сложившуюся информационную структуру,
 - B. создание прототипа информационной модели САПР.



Рис.3. Этапы проектирования технологических процессов.

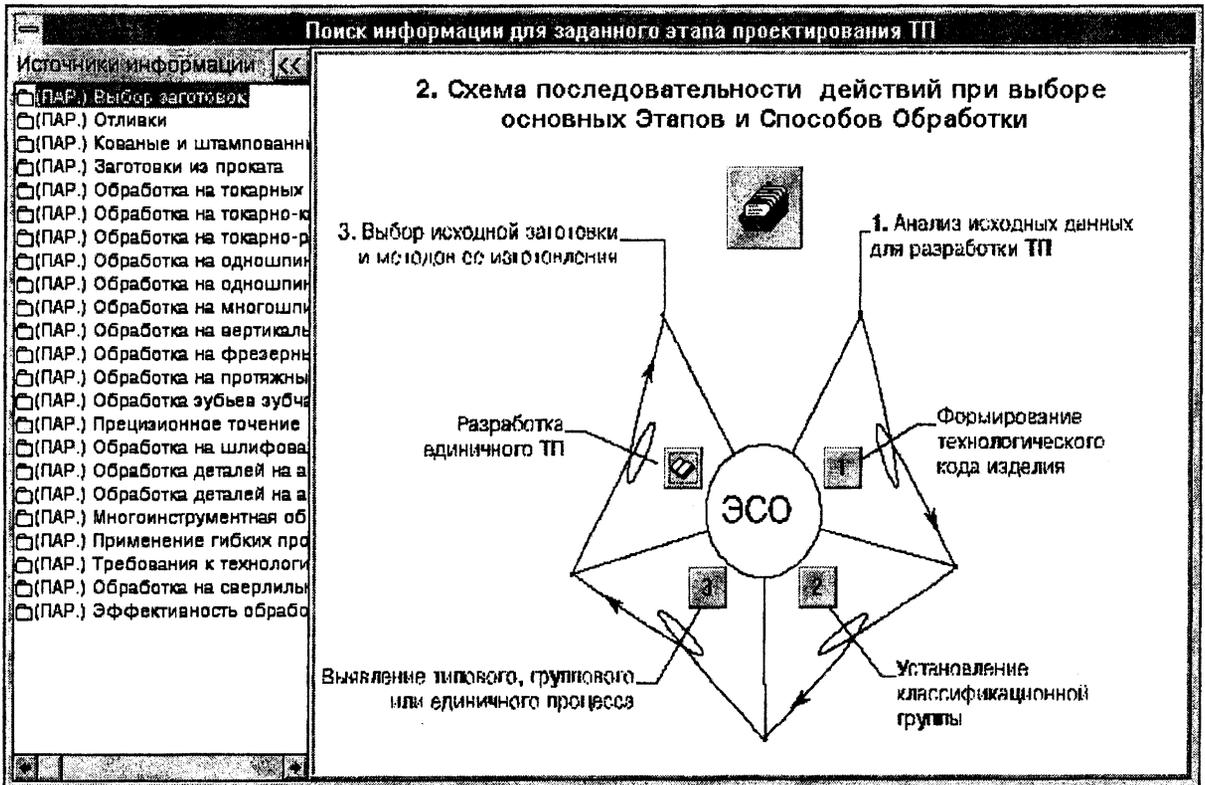


Рис. 4. Под этапы второго этапа проектирования технологических процессов с автоматически отсортированной информацией электронного справочника.

Методика автоматизированного проектирования технологических процессов с улучшенными технико-экономическими показателями

1. Методика численной многовариантной оценки эффективности маршрутного технологического процесса

При разработке данной методики, был проанализирован ряд литературных источников ([61], [62], [63], [64], [65], [66]), где выявлены некоторые отличия в подходах к расчету цеховой (полной технологической) себестоимости. В связи с этим авторами был дополнительно проведен анализ состава затрат входящих в каждый элемент себестоимости технологического процесса, т.к. в различных литературных источниках под одними и теми же (или близкими по звучанию) понятиями понималось разное их содержание. Более подробно результаты данного анализа приведены в [67]

Методика предложенной нами оценки эффективности маршрутного технологического процесса по трем основным технико-экономическим показателям (себестоимости, энергопотреблению и трудоемкости) - предусматривает последовательное выполнение следующих шагов. Пользователь, основываясь на данных имеющегося базового технологического процесса, заполняет предоставляемую нами таблицу технико-экономических показателей. Таблица технико-экономических показателей сформирована в среде MS Excel и содержит перечень параметров и коэффициентов, подлежащих заполнению для каждой технологической операции базового техпроцесса. При разработке данной методики и представлении ее в электронном виде коллектив авторов делал акцент в большей степени на материалы справочника [61]. В качестве образца базового технологического процесса нами был выбран техпроцесс изготовления детали «Гильза блока цилиндров» ММЗ. Фрагменты электронной таблицы технико-экономического анализа показаны на рис.5, 6 и 7.

Название операции	Автоматизированная	Агрегатная	Автоматизированная
Название показателя	ОП №1	ОП №2	ОП №3
Норма расхода материала на изделие, кг/шт	14,9	14,9	14,9
Оптовая цена на материал, руб./кг	13000	13000	13000
Коэффициент учитывающий транспортно-заготовительные расходы при приобретении материала	1,06	1,06	1,06
Количество используемого (реализуемого) отхода материала, кг/шт.	10,5	10,5	10,5
Цена отхода материала, руб./кг	1120	1120	1120
Средняя часовая тарифная ставка основных производственных рабочих, руб	12470	12470	12470
Коэффициент, учитывающий приработок рабочих	1,2	1,2	1,2
Коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату	1,12	1,12	1,12
Коэффициент, учитывающий отчисления на социальное страхование	1,14	1,14	1,14
работу по технически обоснованным нормам	1,2	1,2	1,2
Число единиц оборудования, обслуживаемых основным рабочим	1	1	1
Средняя часовая тарифная ставка наладчиков, руб	15980	17550	15980
Число единиц оборудования, обслуживаемых наладчиком	6	8	6
Средняя цена нового режущего			

Рис. 5. Начальный фрагмент таблицы технико-экономических показателей базового технологического процесса

2	3	4	5	6	7
Средняя цена нового режущего инструмента, руб./шт.			76700	70000	65200
Коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы по инструменту.			1.02	1.02	1.02
Коэффициент, учитывающий изменение расходов на приобретение нового инструмента в связи с использованием			0.84	0.88	0.84
Средняя стоимость материалов, расходуемых на изготовление инструмента,			30100	68600	12600
Коэффициент, учитывающий разницу в массе инструмента и расходуемого на его изготовление материала, а так же в цене и реализуемых отходах.			0.51	0.51	0.51
Среднее число переточек в течении срока службы инструмента до его полного изнашивания.			15	20	15
Заплаты на одну переточку инструмента, руб.			10300	7500	5600
Коэффициент случайной убыли инструмента.			1.1	1.08	1.07
Стойкость, продолжительность периода между переточками, ч.			1	0.6	1
Коэффициент учитывающий изменение стойкости инструмента, при использовании его для черновой обработки			0.93	1	0.93
Коэффициент учитывающий изменение стойкости инструмента, при использовании его для обработки чугунных заготовок.			0.92	1.02	0.92
Балансовая стоимость единицы оборудования, руб./шт.			5E+07	2E+08	5E+07
Норма годовых амортизационных отчислений на восстановление (реновацию) оборудования, % от			6.7	9.1	6.7
Действительный годовой фонд времени работы оборудования, час.			3950	3950	3950
Коэффициент загрузки оборудования по					

Рис. 6. Продолжение таблицы технико-экономических показателей базового технологического процесса.

Действительный годовой фонд времени работы оборудования, час.			3950	3950	3950
Коэффициент загрузки оборудования по времени			0.75	0.75	0.75
Средняя стоимость нового приспособления, руб./шт.			1E+06	280000	5E+06
Коэффициент учитывающий транспортно-заготовительные расходы, связанные с приобретением приспособления			1.05	1.05	1.05
Выручка от реализации приспособления после его износа, руб./шт.			16800	13600	85200
Срок погашения стоимости приспособления, час			8030	4015	12045
Машинное время, час			0.023	0.026	0.044
Вспомогательное время, час			0.0083	0.0056	0.018
Время обслуживания, час			0.0016	0.0018	0.003
Время перерывов, час			0.0018	0.0018	0.0037
Штучное время, час					
Подготовительно-заключительное время, час			0.133	0.133	0.1
Мощность необходимая для осуществления холостых ходов станка, кВт			0.65	2.5	0.65
Мощность необходимая для осуществления процесса обработки, кВт			4.3	10.4	1.7
Стоимость одного киловатчаса электроэнергии, руб/кВт			1300	1300	1300

Рис.7. Конечный фрагмент таблицы технико-экономических показателей базового технологического процесса.

Затем пользователь запускает расчетную часть, где по заданному алгоритму автоматически производятся все необходимые расчеты для построения диаграмм Паретто

базового техпроцесса по основным технико-экономическим показателям, представленным на рис.8

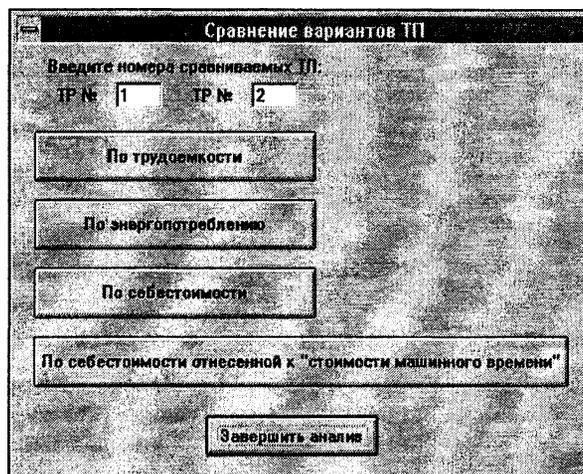


Рис.8 Техничко-экономические показатели маршрутного техпроцесса

На диаграмме Паретто, изображенной на рис.4.9 и рис.4.10 технологические операции выстраиваются последовательно по мере убывания исследуемого параметров – энергопотребления и трудоемкости. Аналогичную диаграмму можно получить и для технологической себестоимости.



Рис.9. График распределения операций базового технологического процесса в порядке убывания их энергопотребления и уровнем значимости отсекающем технологические операции составляющие 80% всего энергопотребления.

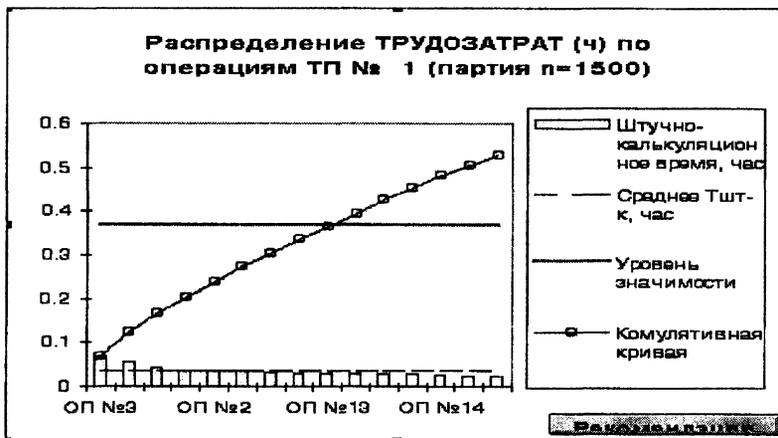


Рис.10. График распределения операций базового технологического процесса в порядке убывания трудозатрат и уровнем значимости отсекающем технологические операции составляющие 80% всех трудозатрат

Имея перечень операций подлежащих совершенствованию по энергопотреблению, пользователь переходит к соответствующим разделам электронного справочника, содержащим информацию, необходимую для принятия правильного решения при проведении изменений базового технологического процесса. На основании внесенных изменений в базовый технологический процесс формируется новая таблица технико-экономических показателей проектного варианта техпроцесса, представленная на рис.11.

Microsoft				
File Edit View Insert Format Tools Data Window				
R10C6 1120				
Исходные данные для ТП № 2				
Название операции	10	15	20	30
Название показателя	1	2	3	5
Норма расхода материала на изделие, кг/шт.	6.328	6.328	6.328	6.328
Оптовая цена на материал, руб./кг	19000	19000	19000	19000
Коэффициент учитывающий транспортно-заготовительные расходы при преобретении материала	1.06	1.06	1.06	1.06
Количество используемого (реализуемого) отхода материала, кг/шт.	1.876	1.876	1.876	1.876
Цена отхода материала, руб./кг	1120	1120	1120	1120
Средняя часовая тарифная ставка основных производственных рабочих, руб	12470	12470	12470	12470
Коэффициент, учитывающий приработок рабочих	1.2	1.2	1.2	1.2
Коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату	1.12	1.12	1.12	1.12
Коэффициент, учитывающий отчисления на социальное страхование	1.14	1.14	1.14	1.14
работу по технически обоснованным нормам	1.2	1.2	1.2	1.2
Число единиц оборудования, обслуживаемых основным рабочим	1	1	1	2
Средняя часовая тарифная ставка наладчиков, руб	15980	17550	15980	15980
Число единиц оборудования, обслуживаемых наладчиком	6	6	6	6
Средняя цена нового режущего инструмента, руб./шт.	78700	70000	65200	76700
Коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы по инструменту	1.02	1.02	1.02	1.02
Коэффициент, учитывающий изменения расходов на приобретение нового инструмента в связи использованием	0.84	0.88	0.84	0.84

Рис.11. Начальный фрагмент таблицы технико-экономических показателей проектного варианта технологического процесса

2. Оценка относительной себестоимости операций технологического процесса

Показатель относительной себестоимости технологических операций был использован авторами с целью перехода от денежных единиц выражения себестоимости к относительным при оценке себестоимости различных партий деталей. Показатель относительной себестоимости помогает определить во сколько раз полная технологическая себестоимость партии деталей превышает часть зарплаты рабочего, приходящуюся на машинное время обработки одной детали. Более подробно физический смысл данного показателя и преимущества его использования при анализе маршрутных технологических процессов изложены в [66].

Затем пользователь снова запускает расчетную часть, где по заданному алгоритму автоматически производятся все необходимые расчеты для построения диаграмм Паретто проектного варианта тезпроцесса. На диаграммах Паретто, изображенных на рис. 12 и рис. 13 технологические операции вновь выстраиваются последовательно по мере убывания исследуемых параметров – энергопотребления и трудоемкости.

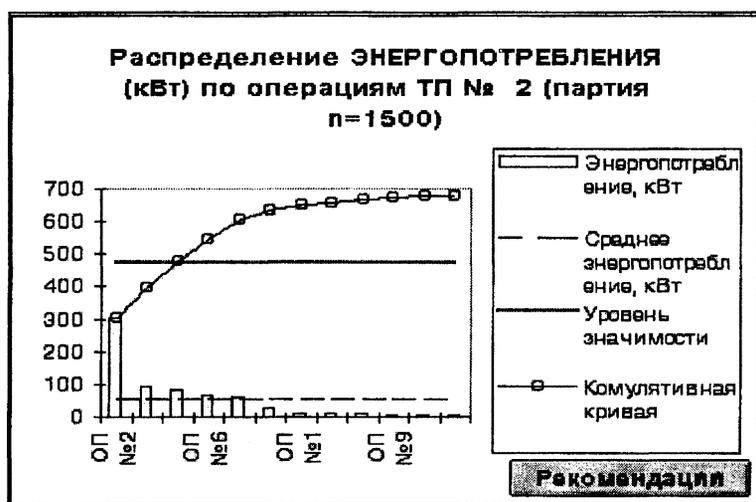


Рис. 12. График распределения операций проектного варианта технологического процесса в порядке убывания их энергопотребления и уровнем значимости отсекающим технологические операции составляющие 80% всего энергопотребления

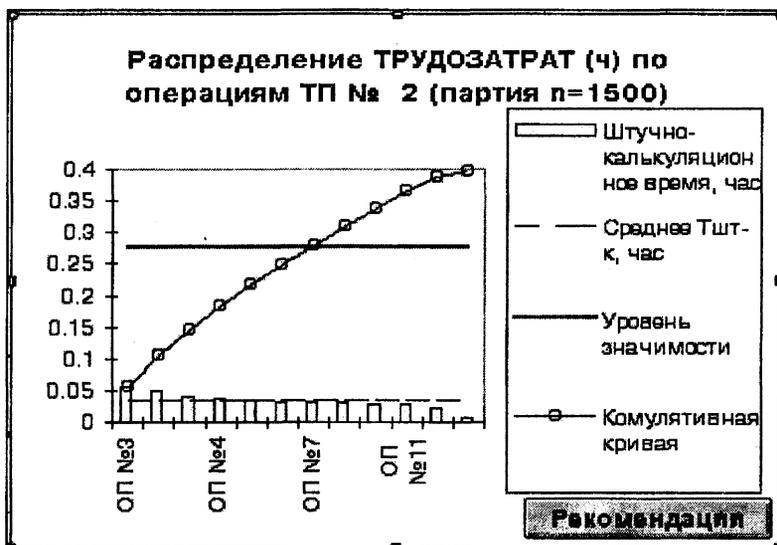


Рис. 13. График распределения операций проектного варианта технологического процесса в порядке убывания трудоемкости и уровнем значимости отсекающим технологические операции составляющие 80% всей трудоемкости.

Аналогичную диаграмму можно получить и для технологической себестоимости проектного варианта.

Из Рис. 14. видно, что при анализе себестоимости деталей для определения количества деталей (n) в обрабатываемой партии необходимо определить точку (точки) пересечения двух (трех и более) сравниваемых вариантов.

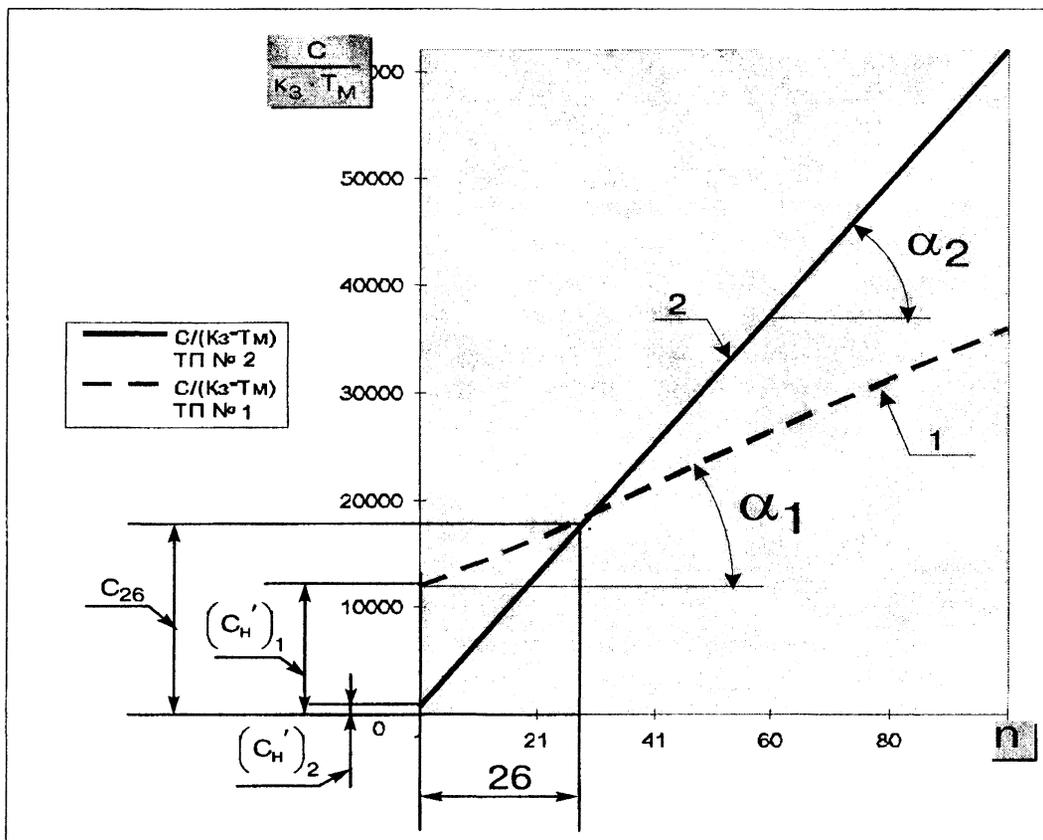


Рис. 14. Зависимость относительной себестоимости операции от количества деталей в обрабатываемой партии для двух вариантов

Так из Рис. 14 видно, что, при количестве деталей в партии $n < 26$ предпочтителен вариант 2. При $n > 26$ следует отдать предпочтение варианту 1.

Литература. 6.1. Расчеты экономической эффективности новой техники: Справочник/ Под общ. ред. К.М. Великанова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1990. - 448 с. 6.2. Бабук И.М., Гусаков Б.И. Методическое пособие по расчету экономической эффективности внедрения новых технологических процессов для студ. машиностр. спец. (дипл. проектирование). - Мн.: БГПА, 1993. - 36 с. 6.3. Экономика машиностроительного производства: Учеб. для машиностр. спец. вузов / И.М. Бабук, Э.И. Горнаков, Б.И. Гусаков, А.М. Панин; Под общ. ред. И.М. Бабука. Мн.: Выш. шк. 1990. - 352 с. 6.4. Маталин А.А. Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов по специальности "Технология машиностроения, металло-режущие станки и инструменты". - Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. - 496 с., ил. 6.5. Тихонов А.П., М.А. Заславский Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных техникумов по специальности "Технология машиностроения". - М.: МАШГИЗ, 1963. - 540 с., ил. 6.6. Филонов И. П., Галица А.В., Курч Л.В. и др. Отчет о НИР "Разработка программно-методического комплекса САПР ТП машиностроительного производства (заключительный)". - Мн.: БГПА, 1996 г. 6.7 Филонов И.П., Курч Л.В., Методы и средства автоматизации проектирования технологических процессов с

улучшенными технико-экономическими показателями. // Новые информационные технологии в науке и производстве. Тезисы докладов международной научн.-технической конференции. - Минск, 1998. - С.89-92.

УДК 621.001.24

В.С. Шевченко

МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ТИПОРАЗМЕРНЫХ РЯДОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Институт надежности машин Национальной академии наук
Минск, Беларусь*

В практике машиностроения чаще всего разрабатываются нормализованные ряды гидрооборудования по отраслям и с учетом типажа машин. В основном ряды построены в виде геометрической прогрессии с использованием ряда предпочтительных чисел. При оптимизации типоразмерного ряда устройств очень важно определить его границы, за которыми целесообразно принципиальное изменение конструктивной схемы устройства. В качестве подходящих методов исследования такого типа задач могут быть использованы методы теории подобия и размерностей [1].

В теории подобия и размерностей широко используется графический способ выбора оптимальных параметров типоразмерного ряда технических устройств. Отображение используемых зависимостей может производиться в различных координатах. Так, если определить удельный вес гидромашин как отношение ее веса к развиваемой производительности G/Q , то можно с помощью графика исследовать зависимость веса от производительности.

На рисунке по оси ординат отложены значения удельных весов поршневых гидромашин, а по оси абсцисс производительности машин данной серии. Удельный вес представлен в виде суммы двух слагаемых. Одно слагаемое отображает изменение производительности насоса от геометрических размеров (парабола авс), второе - характеризует производительность как функцию скорости ротора насоса (гипербола dek). Суммарная кривая имеет характерную зону экстремума. Эта - зона наиболее целесообразного изменения производительности насоса. Границы зоны определяются максимальными допустимыми значениями $(G/Q)_{\max}$, которые определяются условиями применения данного типа насосов на конкретной машине. Для различных конструктивных вариантов насосов можно построить соответствующие кривые и таким образом определить крайние пределы размеров конструкции.

Для поршневых гидромашин допустимые значения G/Q в большей степени определяются установлением величин рабочего объема q , диаметра поршня d , хода поршня S , сечения каналов распределителя f и их отношений. Опыт проектирования установлено [2], [5], что так называемый конструктивный симплекс S/d является основным фактором, определяющим конструктивное и эксплуатационное совершенство поршневой гидромашин, ее габариты, вес и в определенной степени ресурс. Так, уменьшение отношения S/d приводит к росту нагрузок на опоры и к утяжелению поршневой группы. Уменьшение хода поршня и увеличение скорости вращения ротора также благоприятно сказывается на объемном к.п.д. гидромашин. Однако для уменьшения механических потерь (при одинаковой производительности) лучше увеличивать диаметр