

УДК 658.512

## ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

© 2010 И. Г. Абрамова<sup>1</sup>, Д. А. Абрамов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет)

<sup>2</sup>ТЮФ Райнланд. Сертификация медицинской техники

Рассматриваются вопросы выбора параметров системы подготовки производства при разработке конструкторско-технологической документации на предприятии машиностроения, по которым возможно провести регулирование и оценку её эффективности. Выбор основан на анализе системы с позиции процессного подхода и представлении её, как сложной, организационной системы.

*Конструкторско-технологическая подготовка производства, сложная система, организационная система, процессный подход, объектные области, параметры.*

Система конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП) относится к классу открытых, организационных, сложных систем. При внедрении новых информационных технологий в подготовку производства, к каким относится PDM-система (Product Data Management – управление данными об изделии, Project Data Management – управление данными проекта, система управления производственной информацией), развитие системы КТПП необходимо оценивать с позиции процессного подхода, учитывать многогранность, принадлежность её к различным классам.

Характеризуя подготовку производства как открытую, сложную систему, можно отметить, что понятие «подготовка» (как и «производство») представляет собой потоки, сформированные с помощью человека, и рабочие места (РМ) обработки этих потоков, служащие для получения продукции. Потоки модели подготовки и производства (рис. 1), как модели «чёрного ящика», показывают связи внешней и внутренней среды, а также отображают принадлежность к объектным областям сложной системы.

В системе КТПП в качестве объекта «Продукт» можно рассматривать: изготавливаемое изделие – опытный образец, штамповую оснастку, инструмент, комплекты конструкторской (КД), технологической документации (ТД) и др. Поэтому параметрами системы КТПП при

разработке проектов конструкторско-технологической документации (КТД) могут быть: количество номенклатурных единиц продукции или количество комплектов КТД, количество листов «Извещение об изменении» (ИИ), выпущенных за год, и др.

Объект «Процесс» может быть охарактеризован параметром: время действия процесса, т.е. время, затрачиваемое на разработку комплекта КТД или в целом на проект КТД каждой номенклатурной единицы изделия.

Объект «Ресурс» может быть охарактеризован параметрами: количество компьютерной техники, используемой в подразделениях КТПП: конструкторском бюро (КБ), технологическом отделе (ТО); количество инвестиций, затрачиваемых на программное обеспечение; численность персонала в подразделениях конструкторов и технологов и др.

Отразим параметры объектных областей в виде общих параметров системы КТПП (табл. 1).

Рассмотрим систему КТПП с позиций, характеризующих её многогранность в виде моделей организации: механистической; сложной иерархической системы; системы, построенной на разделении труда; системы как организации, реализующей концепцию заинтересованных групп [1]. На основе этих позиций выделим соответствующие параметры, позволяющие оценить эффективность системы (табл. 2).

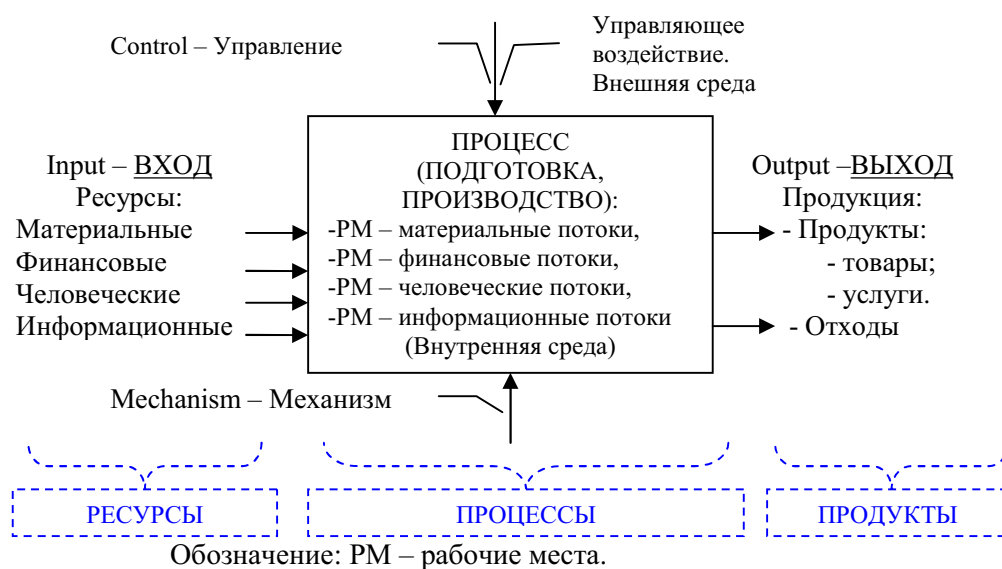


Рис. 1. Поток модели подготовки и производства, модель «чёрного ящика»

Таблица 1. Общие параметры КТПП

Вид объекта	№ п/п	Наименование параметра / показателя	Обозначение	Единица измерения
Продукт	1	Производственная программа выпуска всех изделий за год	$N_{\text{год}}$	Шт./год
	2	Себестоимость валовой продукции (фактическая)	$C_{\text{год}}$	Тыс. руб.
	3	Номенклатурный план производства или план по разработке комплектов КТД	$N_{\text{ном}} = N_{\text{КТД}}$	Шт./год
	4	Относительное количество изготавливаемых изделий на единицу номенклатуры (один комплект КТД)	$\eta = N_{\text{год}}/N_{\text{КТД}}$	Шт.
	5	План выпуска изделия определённого наименования	$N_1$	Шт.
	6	Количество листков извещений об изменении (ИИ), за год в КБ, в ТО	ИИ	Шт.
	7	Количество листков ИИ на 1 изделие конкретного наименования	$ИИ_1$	Шт.
Процесс	8	Длительность цикла КТПП, мес.	$T_{\text{ц}}$	Мес.
Ресурс	9	Количество штатных сотрудников в КБ – конструкторы	$m_{\text{к}}$	Чел.
	10	Количество штатных сотрудников в ТО – технологи	$m_{\text{т}}$	Чел.
	11	Количество штатных сотрудников в КБ и ТО, Итого:	$m = m_{\text{к}} + m_{\text{т}}$	Чел.
	12	Стоимость нормо-часа конструктора	$C_{\text{н-ч к}}$	Руб./ч
	13	Стоимость нормо-часа технолога	$C_{\text{н-ч т}}$	Руб./ч
	14	Стоимость нормо-часа средняя (констр.–технолог)	$C_{\text{н-ч ср}}$	Руб./ч
	15	Количество ПЭВМ в КБ	$n_{\text{кб}}$	Шт.
	16	Количество ПЭВМ в ТО	$n_{\text{то}}$	Шт.
	17	Количество ПЭВМ в КБ и ТО, Итого:	$n_{\text{пэвм}}$	Шт.
	18	Затраты на инвестиции в программное обеспечение, IT-технологии в год	$Z_{\text{по}}$	Тыс. руб.

Таблица 2. Взаимосвязь параметров системы КТПП с моделями организаций

Название модели	1. Механистическая организация	2. Организация как коллектив, построенный на разделении труда	3. Сложная иерархическая система	4. Организация, реализующая концепцию заинтересованных групп
Критерии эффективности	Отношение результатов к затратам	Экономическая эффективность с учётом факторов управления трудом	Системная целесообразность	Социально-экономическая ориентация (баланс интересов)
Потенциальные «критерии эффективности» в рамках деятельности КТПП	<p><i>Механистическая роль системы – человек как механизм, исполняющий свою функцию.</i></p> <p><i>Результаты КТПП (<math>R_{КТПП}</math>): виртуальная прибыль от внедрения новых IT-технологий – программного обеспечения (ПО) при разработке проекта КД+ТД, т.е. «упущенная выгода» при отказе инвестирования в ПО.</i>  <i>Затраты:</i>  – затраты на фонд оплаты труда (ФОТ) <math>Z_{ФОТ}</math>;  – затраты на инвестирование средств IT-технологий (PDM-систем, т.е. в целом затраты на программное обеспечение): <math>Z_{ПО}</math>.  <math>Z_{\Sigma} = Z_{ФОТ} + Z_{ПО}</math></p>	<p><i>Мотивация деятельности конструкторов, технологов на основе доплат за счёт повышения производительности труда от используемых ими новых информационных технологий.</i></p> <p><i>Распределение прибыли от внедрения PDM среди участников проекта.</i></p> <p><i>Результаты КТПП (<math>R_{КТПП}</math>): виртуальная прибыль от внедрения новых технологий при разработке проекта КД+ТД, т.е. потеря возможного сокращения фонда оплаты труда от сокращения сроков проектирования.</i>  <i>Затраты:</i>  – затраты на фонд оплаты труда конструкторов, технологов (<math>Z_{ФОТ-К}</math>, <math>Z_{ФОТ-Т}</math>),  управленцев (<math>Z_{ФОТ-упр}</math>), исполнителей (<math>Z_{ФОТ-исп}</math>).</p>	<p><i>Оценка целесообразности затрат на внедрение PDM-системы производится по критерию достаточности размера затрат на информационные технологии.</i></p> <p><i>Результаты КТПП (<math>R_{КТПП}</math>): «упущенная выгода» при отказе от интеграции функций КТПП.</i>  <i>Затраты:</i>  – показатель затрат на IT-технологии как доли от оборота компании (или как доли от себестоимости произведенной продукции) и  – показатель доли затрат на IT-технологии на одного работающего;  – оценка уровня развития системы КТПП по показателю «вектор уровня управления системы».</p>	<p><i>Отказ от инвестиций в «свою репутацию» грозит потерей рынка сбыта, т. е. в качестве критерия эффективности – величина «упущенной выгоды» при отказе инвестирования проекта.</i></p> <p><i>Результаты КТПП (<math>R_{КТПП}</math>): «упущенная выгода», которую возможно было получить за счёт увеличения выпуска продукции – заказов при сокращении сроков внедрения новых технологий (PDM), но не полученную из-за отказа в инвестировании.</i>  <i>Затраты:</i>  – затраты на фонд оплаты труда, <math>Z_{ФОТ}</math>;  – затраты на программное обеспечение (в т.ч. на PDM – систему), <math>Z_{ПО}</math>.</p>
Составляющие эффективности	$R_{КТПП}$ , $Z_{ФОТ}$ , $Z_{ПО}$	$R_{КТПП}$ , $Z_{ФОТ-К}$ , $Z_{ФОТ-Т}$ , $Z_{ФОТ-упр}$ , $Z_{ФОТ-исп}$	$R_{КТПП}$ , $Z_{ПО}$ , $C_{\Sigma_{од}}$ , $m$	$R_{КТПП}$ , $Z_{ФОТ}$ , $Z_{ПО}$
Параметры системы КТПП	$m_K$ , $m_T$ , $C_{н-ч К}$ , $C_{н-ч Т}$ , $T_{Ц}$ , $N_{КТД}$ , $Z_{ПО}$	$m_K$ , $m_T$ , $C_{н-ч К}$ , $C_{н-ч Т}$ , $m_{упр}$ , $m_{исп}$ , $C_{н-ч упр}$ , $C_{н-ч исп}$ , $T_{Ц}$ , $N_{КТД}$ , $Z_{ПО}$	$m_K$ , $m_T$ ( $m$ ), $Z_{ПО}$ , $T_{Ц}$ , $N_{КТД}$ , ИИ	$m_K$ , $m_T$ , $C_{н-ч К}$ , $C_{н-ч Т}$ , $T_{Ц}$ , $N_{КТД}$ , $Z_{ПО}$

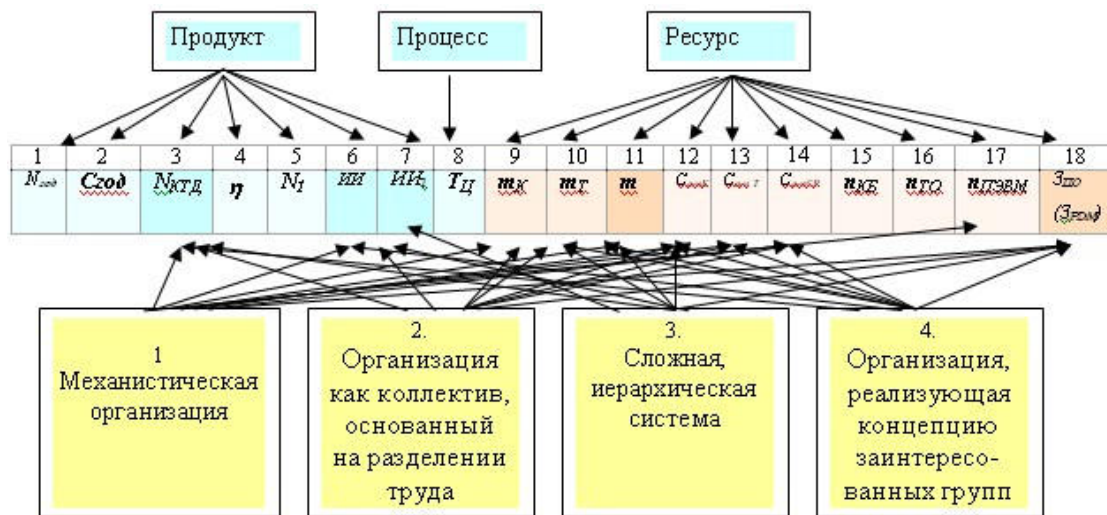


Рис. 2. Классификация общих параметров системы КТПП

Взаимосвязь общих параметров системы КТПП, моделей систем и объектных областей показана на классификационной схеме (рис. 2).

Необходимо заметить, что некоторые параметры являются *косвенными* для системы КТПП. Они характеризуют производство, его серийность. По ним можно оценить условия работы конструкторов, технологов, нормировщиков и других работников КТПП в системе управления предприятием, значимость их работы, как доли труда в себестоимости произведённой продукции.

К таким параметрам относятся:

– производственная программа выпуска всех изделий за год,  $N_{\text{год}}$ ;

– себестоимость валовой продукции,  $C_{\text{год}}$ ;

– относительное количество изготавливаемых изделий на единицу номенклатуры (один комплект КТД),  $\eta = N_{\text{год}}/N_{\text{КТД}}$ ;

– план выпуска изделия определенного наименования,  $N_1$ .

Косвенные параметры не участвуют непосредственно в расчёте затрат, дохода, эффективности новшеств в системе КТПП, и поэтому они не относятся к основным. Выделим из общих параметров основные, которые характеризуют систему КТПП как целостную, не разделяя её на подвиды систем конструкторской и технологической подготовки: 1 –  $N_{\text{КТД}}$ , 2 – ИИ, 3 –  $T_{\text{ц}}$ , 4 –  $t$ , 5 –  $C_{\text{н-чср}}$ , 6 –  $n_{\text{ПЭВМ}}$ , 7 –  $Z_{\text{по}}$ .

Для отбора ключевых параметров с целью их использования в оценке уровня управления системы КТПП в различные периоды времени применим метод отбора параметров по степени их влияния на определённый результат, которого стремится достичь система КТПП. Целевой функцией системы КТПП является срок выполнения проекта, поэтому система должна считаться эффективной при выполнении проектов КТД в наиболее короткие сроки. Срок подготовки производства напрямую влияет на получение прибыли предприятием, и поэтому при выполнении отбора параметров по степени важности на сокращение сроков подготовки подразумевается их отбор по степени важности на получение прибыли предприятием.

При использовании метода экспертных оценок для ранжирования параметров по степени их влияния на сроки подготовки приведём требования (табл. 3), которыми руководствуются при расчёте весовых коэффициентов каждого из параметров по соответствующему ему показателю.

Для определения ключевых параметров системы рассмотрим различные мнения или точки зрения на развитие системы КТПП:

вариант 1 – мнение – позиция № 1: высокие результаты КТПП и высокая прибыль предприятия достигаются за счет использования кадрового ресурса с незначительными инвестициями технической поддержки (т.е. «все решают люди»);

Таблица. 3 Показатели системы подготовки производства и требования к ним

Показатель		Требование	
$h_1$	Количество комплектов КТД, $N_{КТД}$ , шт.	– максимально возможный выпуск КТД	$h_1 = N_{КТД} \rightarrow \max$
$h_2$	Длительность цикла КТПП, $T_{Ц}$ , мес.	– сокращение длительности	$h_2 = T_{Ц} \rightarrow \min$
$h_3$	Численность КТПП, $m$ , чел.	– минимальная численность	$h_3 = m \rightarrow \min$
$h_4$	Часовая тарифная ставка, средняя для конструкторов и технологов, $C_{н-ч}$ , руб./ч	– максимальная часовая тарифная ставка	$h_4 = C_{н-ч} \rightarrow \max$
$h_5$	Количество выпущенных листов «Извещение об изменении» в год, ИИ, шт.	– минимальное число листов ИИ	$h_5 = ИИ \rightarrow \min$
$h_6$	Затраты на программное обеспечение (ПО), $Z_{ПО}$ , руб.	– минимальные затраты на ПО	$h_6 = Z_{ПО} \rightarrow \min$
$h_7$	Количество ПЭВМ, $K_{ПЭВМ}$ , шт.	– максимальное и достаточное количество компьютеров	$h_7 = K_{ПЭВМ} \rightarrow \max$
$h_8$	Протокол несоответствия выпускаемой продукции, П, шт.	– отсутствие протоколов	$h_8 = П = 0$

вариант 2 – мнение – позиция № 2: высокие результаты КТПП и высокая прибыль предприятия достигаются за счет использования инвестиций в техническую поддержку, кадровый ресурс малозначим (т.е. «все решают деньги»);

вариант 3 – мнение – позиция № 3: высокие результаты КТПП и высокая прибыль предприятия достигаются за счет использования кадрового ресурса и инвестиций в техническую поддержку в равной степени (т.е. «компромисс»).

В ходе составления матрицы приоритетов в соответствии с тремя вариантами по мнениям-позициям были выявлены области распределения оценок. Параметры оценивались на основании принятой шкалы отношений: 1 – равнозначность факторов, 3 – доминирование одного фактора над другим, 5 – сильное доминирование одного фактора над другим. В результате моделирования областей оценок в матрице приоритетов по трем вариантам было обработано 19 моделей и получены результаты весовых коэффициентов  $W_i$  по каждому параметру. Среднее значение весовых коэффициентов всех моделей (табл. 4) определяет значение каждого параметра в системе и его влияние на её эффективность.

Из всех возможных параметров отбираем те, которые отражают классификацию объектов и потоков модели «чёрного ящика» (рис. 3). По

соответствующему потоку выбираем параметры с максимальным значением  $W_{ср}$ .

«Вход-продукт» = {ИИ} =  $\max \{0,045\} = 0,045 \in ИИ$ .

«Выход-продукт» =  $\{N_{КТД}\} = \max \{0,366\} = 0,366 \in N_{КТД}$ .

«Процесс» =  $\{T_{Ц}\} = \max \{0,214\} = 0,214 \in T_{Ц}$ .

«Механизм-ресурс»:

– людской («все решают люди») =  $\{m, C_{н-ч}\} = \max \{0,108; 0,070\} = 0,108 \in m$ ;

– инвестиционный («все решают деньги») =  $\{K_{ПЭВМ}, Z_{ПО}\} = \max \{0,008, 0,189\} = 0,189 \in Z_{ПО}$ .

Механизмом исполнения выступает овеществлённый и неовеществлённый ресурс. Поэтому параметры механизма разделены по указанному признаку.

Таблица 4. Средние значения весовых коэффициентов в порядке убывания

№ п/п	Параметр системы	$W_{ср}$
1	$N_{КТД}$	0,366
2	$T_{Ц}$	0,214
3	$Z_{ПО}$	0,189
4	$m$	0,108
5	$C_{н-ч}$	0,070
6	ИИ	0,045
7	$K_{ПЭВМ}$	0,008

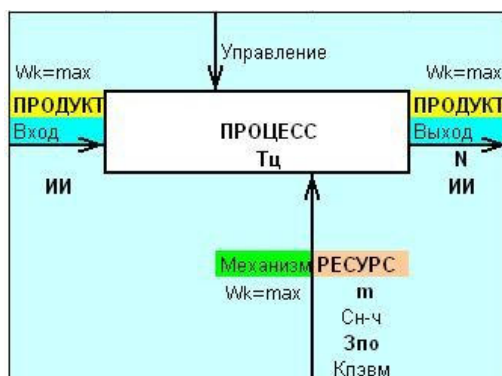


Рис 3. Распределение параметров системы КТПП по объектным областям

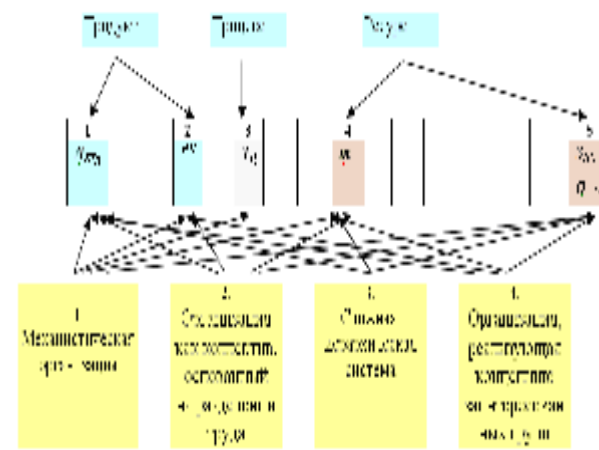


Рис. 4. Ключевые параметры системы КТПП

На основе приведённой методики выбора параметров системы КТПП принимаем, что её ключевыми параметрами являются следующие (рис. 4.):

1 –  $N_{ктд}$ , 2 –  $T_{ц}$ , 3 –  $m$ , 4 – ИИ, 5 –  $Z_{по}$ .

Методика отбора параметров на основе процессного подхода позволяет сократить большое число общих параметров (табл. 1, рис. 2) и довести их до минимального

количества ключевых параметров (рис. 4), наиболее значимых и влияющих на получение прибыли предприятием, что, в свою очередь, позволит облегчить математический аппарат, используемый в дальнейшем при оценке уровня развития системы КТПП.

### Библиографический список

1. Мухин, В. И. Исследование систем управления [Текст]: учебник / В. И. Мухин. – М.: Издательство «Экзамен», 2006.

### References

1. Mukhin, V. I. Study of managerial systems: textbook / V. I. Mukhin. – Moscow: Publishing house “Examination”, 2006.

## CHOICE OF PARAMETERS OF AN ENGINEERING PRODUCTION PREPARATION SYSTEM

© 2010 I. G. Abramova<sup>1</sup>, D. A. Abramov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov  
(National Research University)

<sup>2</sup>Medical Device Services Product Safety and Quality TUV Rheinland Japan Ltd

The paper deals with choosing parameters of a production preparation system when preparing engineering documentation at a mechanical engineering enterprise. The parameters chosen should make it possible to assess and control the system's efficiency. The choice is based on the system's analysis using the process approach and presenting the system as a complex organizational one.

*Engineering production preparation, complex system, organizational system, process approach, object areas, parameters.*

### Информация об авторах

**Абрамова Ирина Геннадьевна**, доцент, кандидат технических наук, кафедра производства двигателей летательных аппаратов, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), [abi\\_ssau@inbox.ru](mailto:abi_ssau@inbox.ru). Область научных интересов: управление производственными процессами в едином информационном пространстве.

**Абрамов Дмитрий Александрович**, управляющий проектом, TÜV Райнланд. Сертификация медицинской техники, [dmitry.abramov@jpn.tuv.com](mailto:dmitry.abramov@jpn.tuv.com). Область научных интересов: сертификация продукции.

**Abramova Irina Gennadievna**, associate professor, candidate of technical science, department “Aircraft engine production”, Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov (National Research University), [abi\\_ssau@inbox.ru](mailto:abi_ssau@inbox.ru). Area of research: production processing management in the unit information space.

**Abramov Dmitry Aleksandrovich**, project manager, Medical Device Services Product Safety and Quality TUV Rheinland Japan Ltd, [dmitry.abramov@jpn.tuv.com](mailto:dmitry.abramov@jpn.tuv.com). Area of research: production certification.