

ПРОЦЕДУРА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ САМОЛЕТОВ

© 2010 П.М.Попов¹, В.Г.Павлов²

¹ Институт авиационных технологий и управления
Ульяновский государственный технический университет
² ФНПЦ ОАО НПО “Марс”, Ульяновск

Поступила в редакцию 14.05.2010

В статье авторы предлагают оригинальные процедуры определения показателей научно-технического уровня технологических процессов периодических испытаний механических приводов летательного аппарата за счет внедрения в технологический и производственно-технологический процессы элементов автоматизации или средств вычислительной техники и систем автоматизированного проектирования, что существенно отличается от традиционной системы расчетов экономической эффективности разработок. Авторы подчеркивают, что определение научно-технического уровня разработок по объектам периодических испытаний элементов самолетов – это единственно правильный путь определения эффективности нововведений в производственно-технологический процесс ресурсных испытаний, так как известно из статистики, что ресурсные испытания априори являются расходными и реально определить (или рассчитать) экономический эффект периодических испытаний невозможно.

Ключевые слова: научно-технический уровень, периодические испытания, механические приводы, автоматизация.

Периодические испытания механических приводов самолетов являются разовыми работами для данного их типа и выполняются с установленной техническими условиями периодичностью. Образец для испытаний отбирается из партии готовых изделий, предназначенных для поставки потребителю. После проведения полного цикла работ установленных в программе испытаний образец подлежит списанию, как выработавший назначенный ресурс. Сократить объем испытаний, а значит и время их проведения, не всегда представляется возможным, так как технические показатели строго регламентированы условиями на поставку авиационной продукции. Это значит увеличивать такой показатель, как объем выпускаемой продукции авиационным предприятием, не представляется возможным, поэтому целесообразно рассматривать процесс периодических испытаний только с точки зрения *сокращения трудоемкости*.

В этой связи предлагается на примере одного их ведущих предприятий авиастроения (ЗАО “Авиастар-СП”), рассмотреть основные процедуры по определению научно-технического уровня технологических процессов испытаний механических приводов как наиболее ответственных элементов самолета.

Итак, под научно-техническим уровнем технологических процессов испытаний подразуме-

вается уровень экономических и научно-технических характеристик, которые отображают *степень соответствия* оцениваемой системы поставленным задачам функционирования. Показатель научно-технического уровня (НТУ) является *интегрированной мерой* оценки:

- экономического потенциала системы;
- охвата автоматизацией задач управления;
- использования трудовых ресурсов;
- качества процесса испытаний.

Основными целями оценки НТУ являются:

- оценка эффективности функционирования испытательного оборудования с внедрением СВТ;
- определения направлений дальнейшего развития производственно-технологических процессов САПР испытаний.

Показатель НТУ по своей структуре является многоуровневой скалярной сверткой параметров, определяющих свойства отдельных классов элементов объекта проектирования и внедрения, то есть средств вычислительной техники (СВТ) в проектировании процессов управления испытаниями.

При оценке НТУ на стадии внедрения и функционирования САПР процессов испытаний может быть исследован показатель оценки временных и материальных затрат на создание системы. Оценка НТУ, как мера эффективности создаваемых систем, имеет большое значение для планирования и управления разработкой и внедрением САПР процессов испытаний в условиях индустриализации методов их создания. Общее назначение оценки научно-технического уровня

*Попов Петр Михайлович, доктор технических наук, профессор кафедры “Самолетостроение”. E-mail: ptporoc2008@rambler.ru
Павлов Владимир Геннадиевич, начальник лаборатории*

процессов испытаний с использованием САПР заключается в определении соответствия технических и экономических показателей оцениваемой системы современным достижениям науки и техники, и потребностям промышленности.

Для оценки НТУ процессов испытаний в условиях функционирования САПР необходимо выбрать номенклатуру частных показателей НТУ, которые удовлетворяют следующим требованиям:

- каждый показатель должен характеризовать совокупность элементов, от которых зависит уровень САПР процессов испытаний, а совокупность показателей должна характеризовать уровень САПР процессов испытаний в целом, который, в свою очередь, должен быть чувствительным к изменению каждого показателя;
- каждый показатель должен содержать количественную оценку;
- число показателей должно быть ограничено для обеспечения их сбора и обработки достаточно простыми и нетрудоемкими способами;
- для измерения значений показателей должна быть использована безразмерная шкала;
- показатели НТУ должны стимулировать применение наиболее перспективных элементов САПР процессов испытаний.

Исходя из указанных требований, предлагаются процедуры определения НТУ процессов испытаний с использованием САПР с максимальным приближением к существующей “Временной методике определения научно-технического уровня автоматизированных систем управления производственными объединениями и предприятиями” [1] и учитываются специфические для САПР процессов испытаний структурные элементы и показатели. Для того чтобы произвести выбор наиболее эффективных показателей оценки НТУ для процессов испытаний в условиях функционирования САПР, необходимо учитывать требования по ограничению числа показателей с целью обеспечения их сбора и обработки наиболее простыми способами. Тогда для упрощения обработки показателей следует применить следующие оценочные показатели:

- экономического уровня $Y_э$;
- системотехнического уровня $Y_с$;
- уровня охвата автоматизацией задач управления $Y_{за}$;
- уровня использования трудовых ресурсов и качества процесса $Y_{ик}$

Исходя из требований количественной оценки показателей НТУ и использования безразмерной шкалы, здесь рассматривается определение значений показателей. Под оценкой НТУ САПР процессов испытаний понимается количественная оценка, предназначенная для принятия решений

на разных этапах разработки, внедрения и функционирования системы и обеспечения возможности получения оценки на любой стадии создания САПР процессов испытаний, быстроту вычисления показателя уровня и возможность сравнения различных вариантов создания системы.

Показатель оценки уровня САПР процессов испытаний, выражаемый в баллах, получается в результате определения показателя системотехнического уровня путем последовательного суммирования балльных оценок - факторов, взятых с соответствующими весами, умножения его на показатель, оценивающий экономический уровень, и суммирования с показателями уровня охвата автоматизацией задач управления, уровня использования трудовых ресурсов и уровня качества продукции. Аналитически показатель НТУ процессов испытаний в условиях функционирования САПР представляется формулой:

$$Y_{САПР.исп.} = K_{эс} \cdot Y_э \cdot Y_с + K_{за} \cdot Y_{за} + K_{ик} \cdot Y_{ик} \quad (1)$$

Значения нормирующих коэффициентов (K) согласно “Временной методике определения НТУ автоматизированных систем управления производственными объединениями и предприятиями” принимаются следующие:

$$K_{эс} + 0,1K_{за} + 0,1K_{ик} = 1; K_{эс} = 0,4; K_{за} = K_{ик} = 3.$$

Они нормируют шкалы балльных оценок экономического и системотехнического уровня ($K_{эс}$), уровня охвата задач управления ($K_{за}$) и уровня использования ресурсов ($K_{ик}$).

Экономический показатель уровня САПР процессов испытаний определяется по формуле:

$$Y_э = (T_H/T)^{1/3}, \quad (2)$$

где T_H – нормативный срок окупаемости;

T – срок окупаемости рассматриваемой системы.

Системотехнический показатель уровня системы, отражающий качество общесистемной технической документации, комплекса технических средств и методологию проектирования, определяется по формуле:

$$Y_с = \sum P_j Y_j \quad (3)$$

где P_j – весовые коэффициенты важности показателей Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 общесистемной технической документации для оценки НТУ САПР разных типов технологических процессов.

Значения P_j в зависимости от типа технологического процесса приведены в табл. 1.

Показатели уровня общесистемной технической документации определяются эмпирическими формулами:

$$\left. \begin{aligned} Y_1 &= Y_{п1} \sum P_{1i} \cdot Y_{1i} \\ Y_2 &= Y_{п2} \sum P_{2i} \cdot Y_{2i} \\ Y_3 &= Y_{п3} \sum P_{3i} \cdot Y_{3i} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Значения P_{1i}, P_{2i}, P_{3i} отражающие веса влияния основных факторов общесистемной техни-

Таблица 1. Характеристика технологического процесса

Тип технологического процесса	Общесистемная техническая документация			Комплекс технических средств (техническое обеспечение) P_4
	Информационно-вычислительные функции P_1	Управляющие функции P_2	Информационное обеспечение и средства программирования P_3	
Непрерывный с непрерывным потоком материалов и энергии	0,2	0,3	0,2	0,3
Непрерывный с прерывистыми потоками материалов и энергии	0,2	0,2	0,2	0,4
Прерывистый с прерывными потоками материалов и энергии	0,2	0,2	0,1	0,5

Таблица 2. Факторы видов обеспечения $P_{1i}, P_{2i}, P_{3i}, P_{4i}$

Вид обеспечения	Факторы видов обеспечения	i				
		1	2	3	4	5
Общесистемная техническая документация	P_{1i}	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2
	P_{2i}	0,4	0,3	0,3	-	-
	P_{3i}	0,6	0,4	-	-	-
Комплекс технических средств (техническое обеспечение)	P_{4i}	0,2	0,3	0,2	0,3	-

ческой документации на уровень САПР процессов испытаний, определяются по табл. 2.

Значения $Y_{II1}, Y_{II2}, Y_{II3}$ определяются по табл. 3 в зависимости от принятой методики проектирования технической документации САПР процессов испытаний.

Показатель комплекса технических средств определяется по эмпирической формуле вида:

$$Y_A = Y_{II4} \sum P_{4i} \cdot Y_{4i} \quad (5)$$

Значение Y_{II4} определяется по таблице 3, а значения P_{4i} отражающие веса влияния основных факторов комплекса технических средств на уровень САПР процессов испытаний – по табл. 2.

Показатель уровня охвата автоматизацией задач управления определяется по формуле:

$$Y_{3A} = N_a / N_{CT}, \quad (6)$$

где N_a – число задач управления решаемых автоматизированным способом;

N_{CT} – число задач, которые принципиально возможно автоматизировать для данного типа технологического процесса (испытаний).

Показатель уровня использования трудовых ресурсов:

$$Y_{ИТР} = 1 - K_1, \quad (7)$$

где K_1 – коэффициент трудоемкости продукции в условиях САПР технологических процессов испытаний.

$Y_{ИТР}$ является безразмерным показателем с численным значением не более 1.

Шкалы балльных оценок и таблицы весов, используемые для оценки НТУ САПР испытаний, соответствуют “Временной методике определения НТУ АСУ объединений и предприятий” [1]. Данные получены методом экспертных оценок испытаний и приведены в виде схемы образования показателя уровня САПР процессов испытаний на рис. 1, 2, 3, 4, 5, 6.

В описании процедур применены качественные и количественные шкалы балльных оценок. При отнесении фактора к определенной градации возможны два случая:

- 1) все значения некоторого фактора для разных частей оцениваемой САПР процессов испытаний относятся к одной и той же градации (например, все задачи программируются на алгоритмических языках), при этом данный фактор относится к этой же градации;
- 2) все значения некоторого фактора для

Таблица 3. Рекомендуемые значения показателей $Y_{II1}, Y_{II2}, Y_{II3}, Y_{II4}$

Автоматизированное проектирование	Проектирование на базе ТПР (типовое проектное решение)	Проектирование в соответствии (РТМ) при наличии прототипов	Проектирование индивидуального объекта
1,0	0,8	0,7	0,6

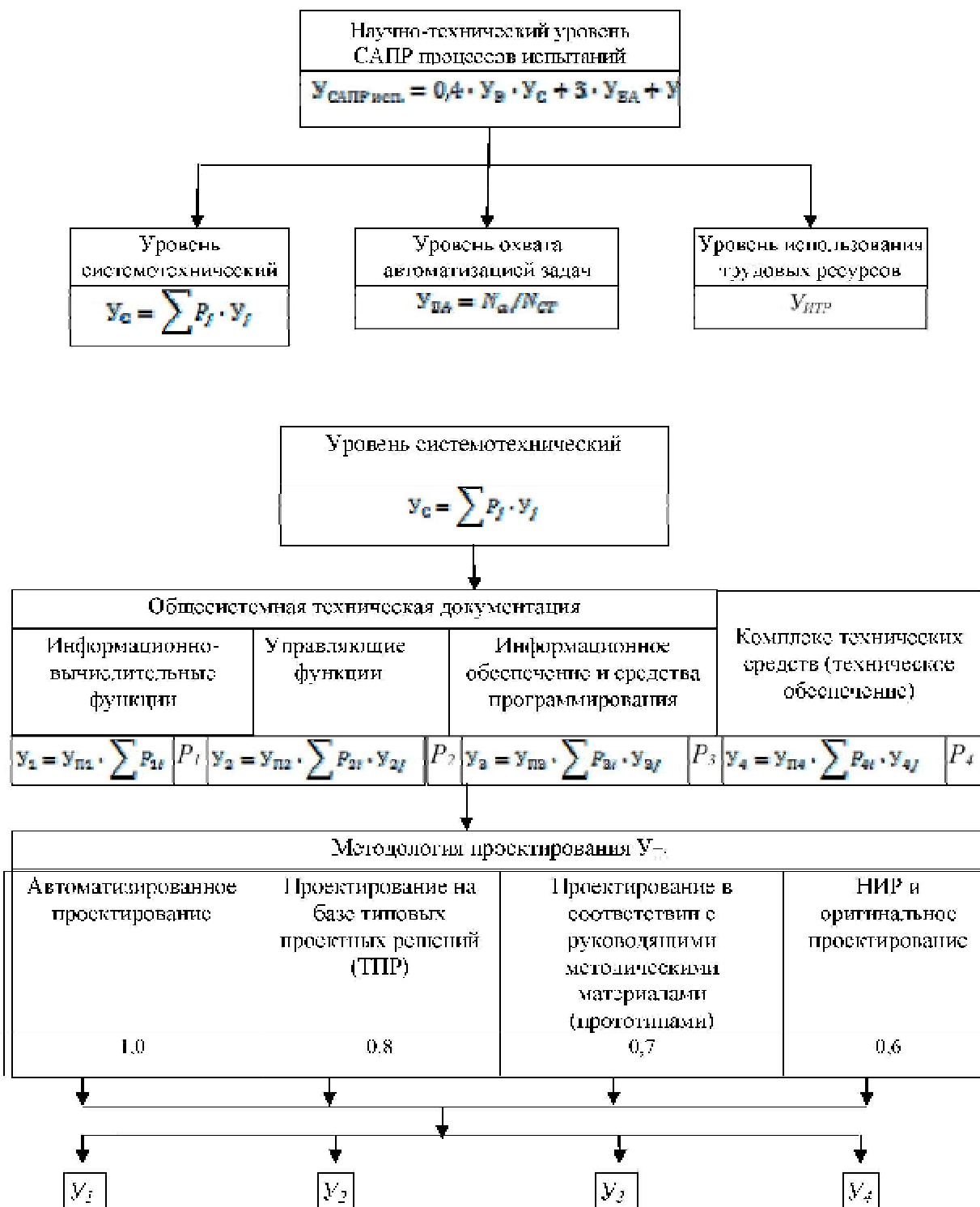


Рис. 1. Структурная схема образования показателей САПР процессов испытаний изделий: а) показателя уровня $Y_{\text{САПР Исп.}}$; б) систематического уровня $Y_{\text{сист.}}$.

разных частей оцениваемой САПР процессов испытаний относятся к различным градациям, в этом случае фактор по оцениваемой САПР процессов испытаний в целом относится к той градации, к которой принадлежит наибольшее число частей САПР процессов испытаний.

Устойчивость системы определяется степенью резервирования основных частей комплекса технических средств (КТС). В случае если

автоматизированные функции резервируются средствами автоматизации или САПР процессов испытаний, устойчивость системы считается наиболее высокой. При резервировании автоматизированных функций за счет персонала показатель устойчивости снижается.

Уровень САПР процессов испытаний в существенной мере определяется информационной мощностью применяемых СВТ и ЭВМ предпри-

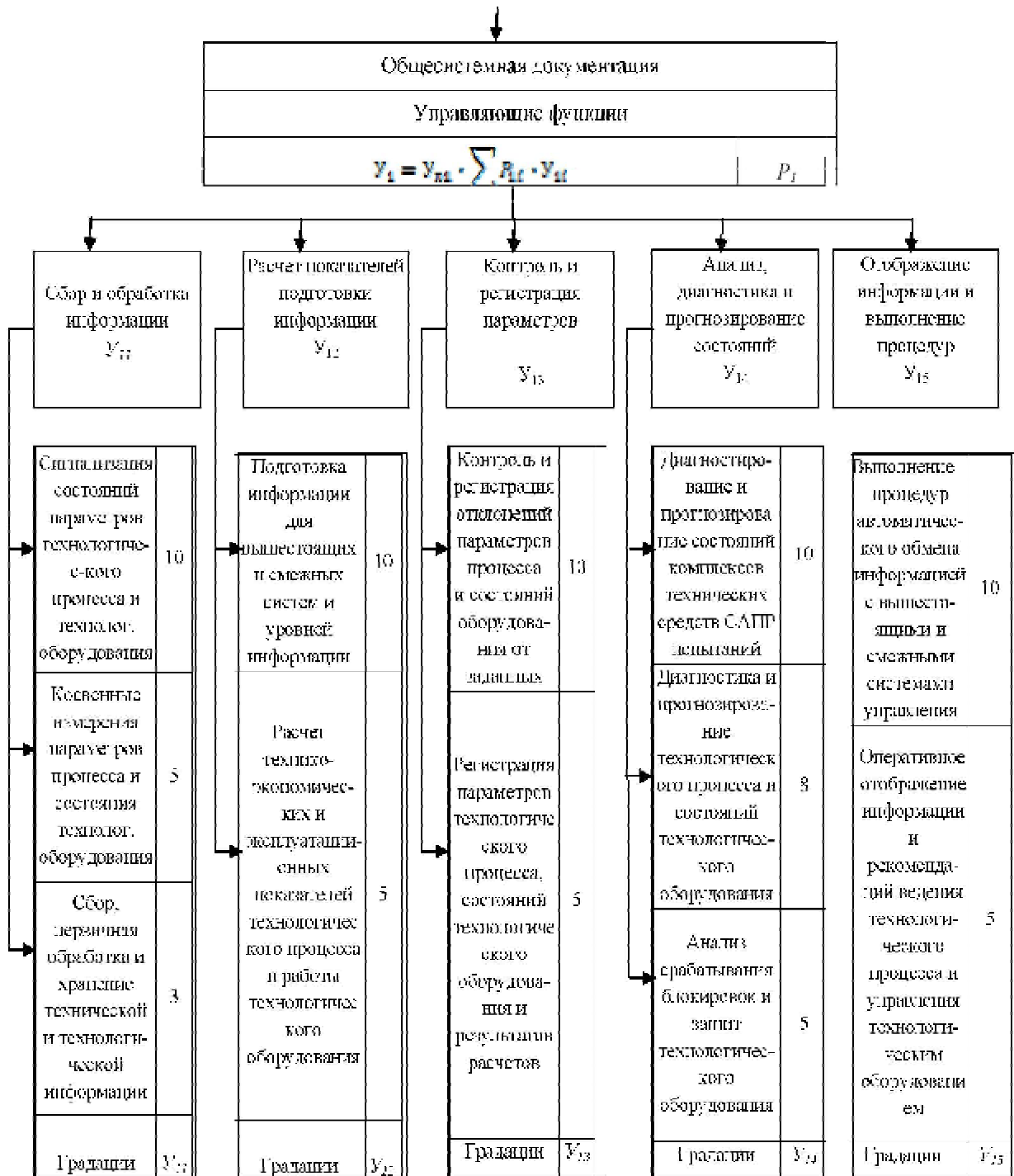


Рис. 2. Схема образования показателя информационно-вычислительной функции Y_1

ятия в частности, ее приспособленностью к изменениям, составом общего математического обеспечения. При разнотипных СВТ показатель уровня КТС определяется наиболее совершенным устройством из них.

При локальном решении задач на ЭВМ вся необходимая информация (исходные показатели, нормативы, программы испытаний и тому подобное) подготавливается для каждой задачи отдельно. При наличии единой нормативной базы данных нормативы содержатся в массивах

для решения всего комплекса задач. В случаях, когда система программирования неоднородна по составу, то есть ее части относятся к различным градациям, следует определить, к какой градации относятся важнейшие для САПР процессов испытаний части математического обеспечения.

При разработке проекта процесса испытаний на базе любого метода: САПР, ТПР, РТМ, проектировании индивидуального объекта могут разрабатываться отдельные решения, являющиеся основой

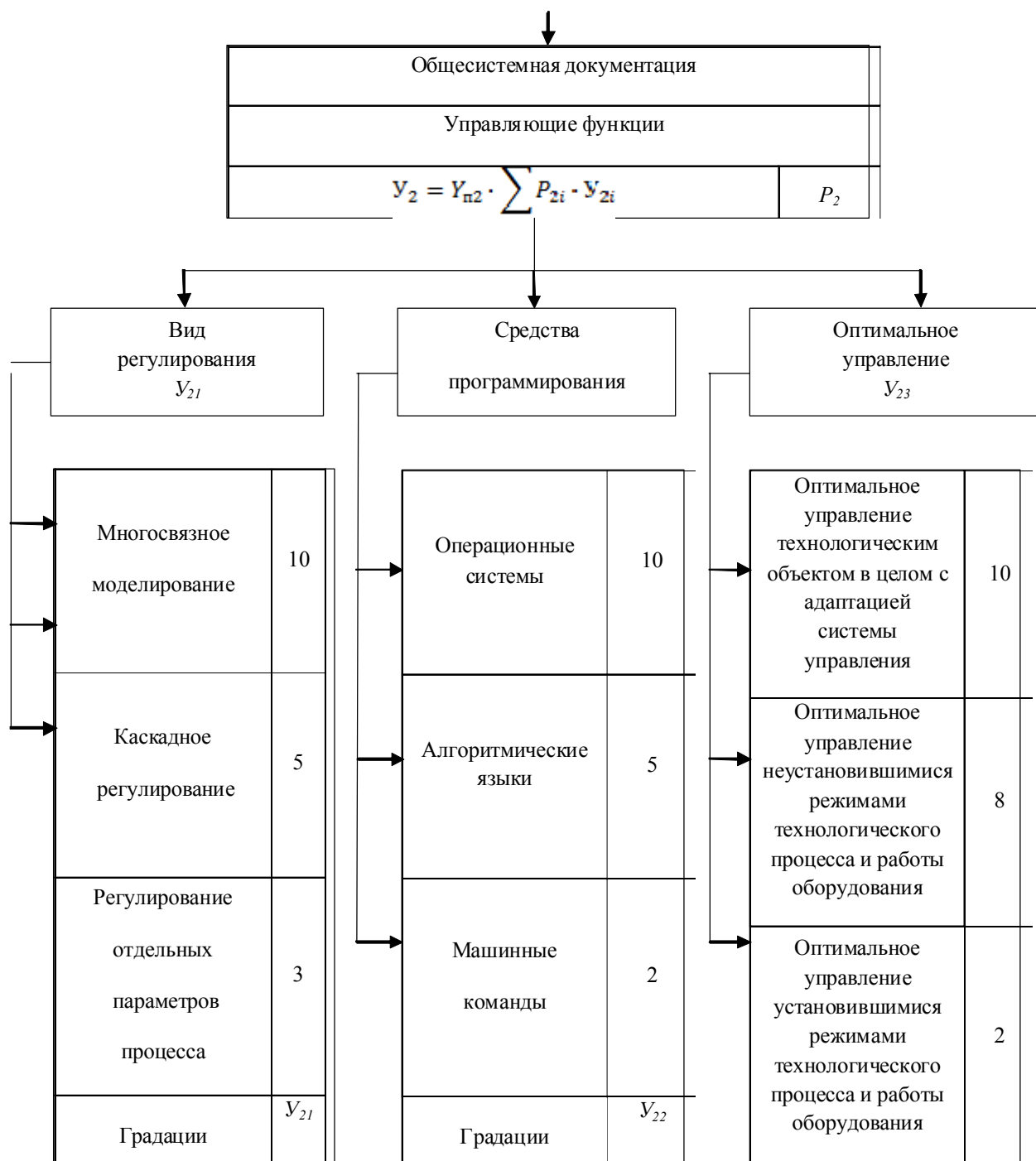


Рис. 3. Схема образования показателя управляющей функции Y_2

для создания РТМ, ТПР или элементов автоматизации проектирования. В этом случае оценка методов проектирования принимается с коэффициентом 1,2. Тогда, при использовании САПР процессов испытаний, например, на базе РТМ с созданием отдельных ТПР оценка будет $1,2 \cdot 0,7 = 0,84$.

Далее с использованием временной методики ЗАО «Авиастар-СП» приведем сравнительную оценку внедрения СВТ в производственно-технологический процесс периодических испытаний (табл. 4).

Результаты определения показателей сведены в табл. 4. По результатам формирования процедур оп-

ределения показателей научно-технического уровня разработок и на основании данных таблиц, проведем расчет НТУ по ЗАО «Авиастар-СП» до внедрения и после внедрения разработок по использованию САПР (CASIUS) в производственно-технологических процессах ресурсных испытаний механизмов самолета:

до внедрения СВТ:

$$Y_1 = 0 \cdot (0,3 \cdot 3 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 10 + 0,1 \cdot 0 + 0,2 \cdot 0) = 0$$

$$P_1 = 0,2,$$

$$P_1 \cdot Y_1 = 0.$$

$$Y_2 = 0,6 \cdot (0,4 \cdot 3 + 0,3 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5) = 2,52,$$

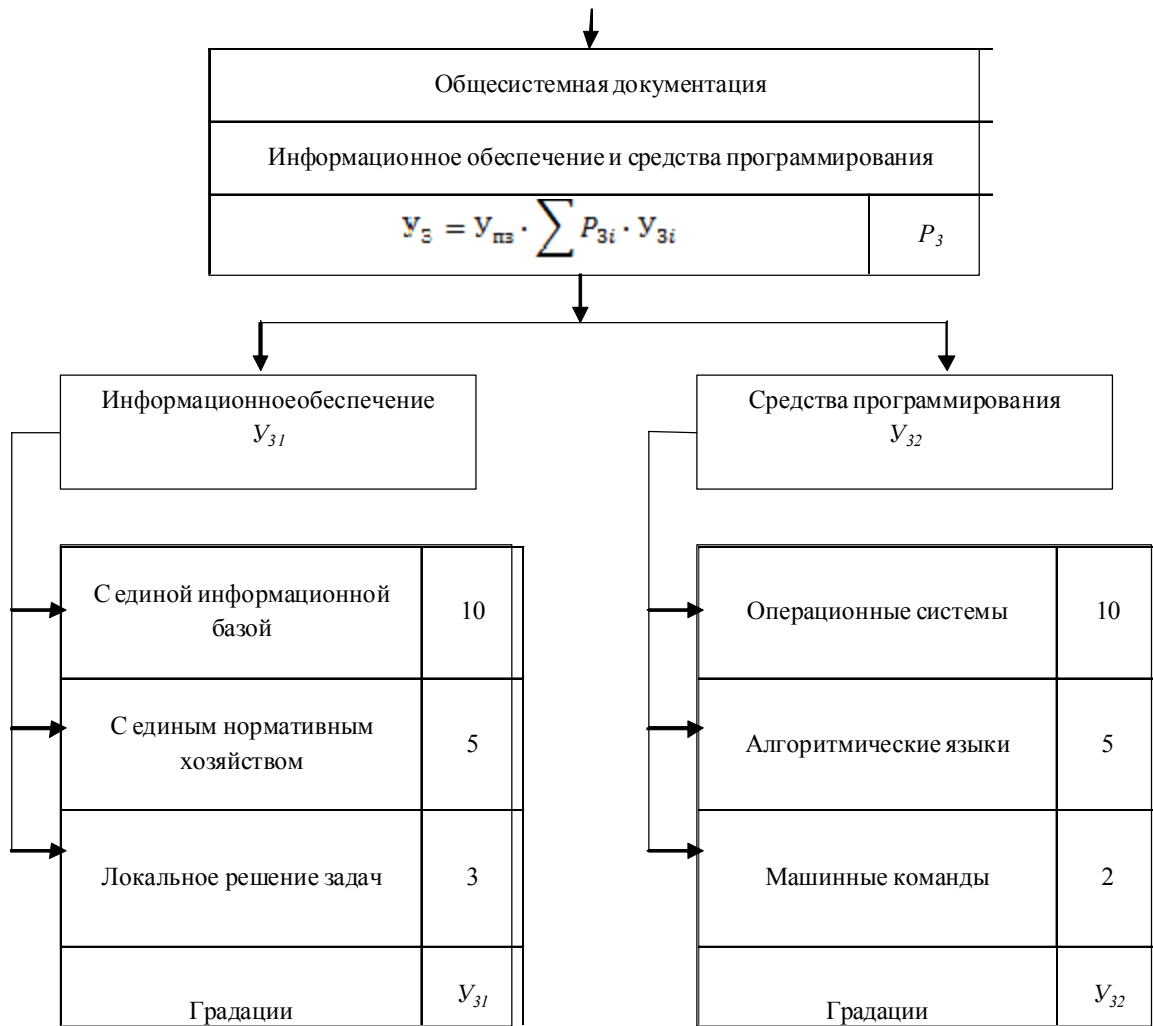


Рис. 4. Схема образования показателя управляющей функции Y_3

$$P_2 = 0,2,$$

$$P_2 \cdot Y_2 = 0,2 \cdot 2,52 = 0,504.$$

$$Y_3 = 0, \text{ т.к. } Y_{пз} = 0.$$

$$Y_4 = 0,6 \cdot (0,2 \cdot 2 + 0,3 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5) = 1,54,$$

$$P_4 = 0,4,$$

$$P_4 \cdot Y_4 = 0,4 \cdot 1,54 = 0,616.$$

$$Y_c = \sum_{j=1}^4 P_j \cdot Y_j = 0 + 0,504 + 0 + 0,616 = 1,120.$$

после внедрения СВТ:

$$Y_1 = 0,6 \cdot (0,3 \cdot 10 + 0,2 \cdot 10 + 0,2 \cdot 10 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5) = 5,10,$$

$$P_1 = 0,2,$$

$$P_1 \cdot Y_1 = 1,02.$$

$$Y_2 = 0,6 \cdot (0,4 \cdot 5 + 0,3 \cdot 10 + 0,3 \cdot 8) = 4,44,$$

$$P_2 = 0,2,$$

$$P_2 \cdot Y_2 = 0,2 \cdot 4,44 = 0,888.$$

$$Y_3 = 0,6 \cdot (0,6 \cdot 5 + 0,4 \cdot 10) = 4,2,$$

$$P_3 = 0,2,$$

$$P_3 \cdot Y_3 = 0,2 \cdot 4,2 = 0,84.$$

$$Y_4 = 0,6 \cdot (0,2 \cdot 2 + 0,3 \cdot 8 + 0,2 \cdot 5) = 2,28.$$

$$P_4 = 0,4,$$

$$P_4 \cdot Y_4 = 0,4 \cdot 2,28 = 0,912.$$

$$Y_c = \sum_{j=1}^4 P_j \cdot Y_j = 1,02 + 0,888 + 0,84 + 0,912 = 3,66.$$

Таким образом, численные значения показателя НТУ с использованием САПР процессов испытаний выглядят вполне реально в соответствии с техническим состоянием предприятия:

а) до внедрения СВТ – $Y_{САПР} = 0,4 \cdot 1 \cdot 1,120 + 3 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0 = 1,348;$

б) после внедрения СВТ – $Y_{САПР/САПИУС} = 0,4 \cdot 1 \cdot 3,66 + 3 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,25 = 2,614.$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ВРГМ “Временная методика определения научно-технического уровня автоматизированных управлений производственными объединениями и предприятиями”. М.: Экономка. 1977. 23 с.
2. Кочергин В.И. Средства автоматизированного проектирования процессов управления ресурсными испытаниями механических приводов летательных аппаратов: дисс... канд. техн. наук. 05.13.12. Ульяновск. 2008. 155 с.
3. Справочник проектировщика автоматизированных систем управления технологическими процессами [под ред. Г.Л. Смилянского]. М.: Машиностроение, 1983.

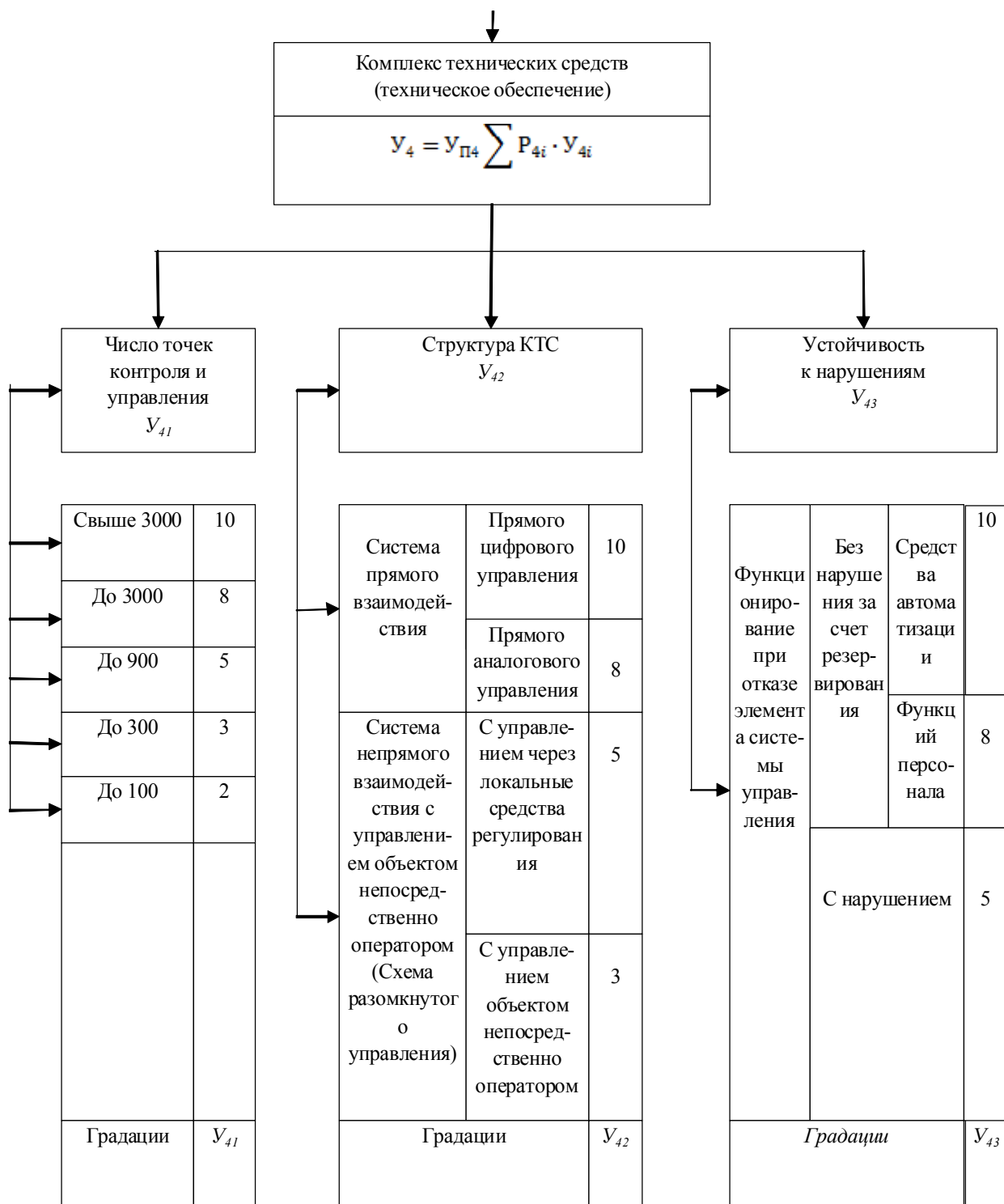


Рис. 5. Схема образования показателя комплекса технических средств Y_4

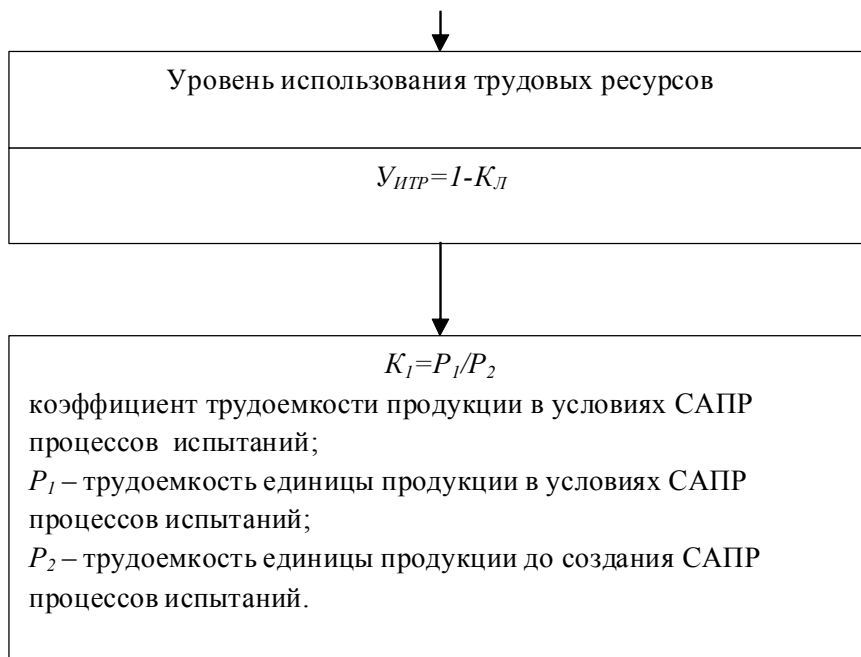


Рис. 6. Схема образования показателя уровня использования трудовых ресурсов и качества продукции

Таблица 4. Показатели для определения НТУ САПР процессов испытаний

Наименование фактора	Обозначение	Качественная характеристика и оценка до внедрения СВТ	Качественная характеристика и оценка после внедрения СВТ
1	2	3	4
Тип технологического процесса		Непрерывный с непрерывным потоком энергии	Непрерывный с непрерывным потоком энергии
Срок окупаемости	T	3 года	3 года
Степень охвата задач	$U_{з4}$	0,3	0,6
Уровень методологии проектирования: а) общесистемная документация: информационно-вычислительные функции управляющие функции обеспечение средствами программирования б) комплекс технических средств	$U_{п1}$ $U_{п2}$ $U_{п3}$ $U_{п4}$	 индивидуальное 0,6 - оригинальное 0,6	 индивидуальное 0,6 индивидуальное 0,6 индивидуальное 0,6 на базе ТПР 0,8
Сбор и обработка информации	U_{11}	Сбор, первичная переработка и хранение	Сигнализация состояний параметров 10
Расчет показателей и подготовка информации	U_{12}	Расчет технико-экономических и эксплуатационных показателей 5	Подготовка информации для вышестоящих и смежных систем 10

Таблица 4. Показатели для определения НТУ САПР процессов испытаний (окончание)

1	2	3	4
Контроль и регистрация параметров	У13	10	10
Анализ, диагностика и прогнозирование состояний	У14	-	5
Отображение информации и выполнения процедур	У15	-	5
Вид регулирования	У21	3	5
Логическое программное управление	У22	5	10
Оптимальное управление	У23	5	8
Информационное обеспечение	У31	-	5
Средства программирования	У32	-	Операционные системы 10
Число точек контроля	У41	2	2
Структура КТС	У42	5	8
Устойчивость к нарушениям	У43	5	5

PROCEDURE OF DEFINITION OF PARAMETERS OF THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL LEVEL OF PROCESSES OF PERIODIC TESTS OF MECHANICAL DRIVES OF PLANES

© 2010 P.M. Popov¹, V.G. Pavlov²

¹Institute of Aviation Technologies and Managements
Ulyanovsk State Technical University

²FNPC Open Society NPO "Mars", Ulyanovsk

In clause authors offer original procedures of definition of parameters of a scientific and technical level of technological processes of periodic tests of mechanical drives of the flying device due to introduction in technological and productions-technological of elements of automation or means of computer facilities and systems of the automated designing, that essentially differs from traditional system of calculations of economic efficiency of development. Authors emphasize, that definition of a scientific and technical level of development on objects of periodic tests of elements of planes is unique a correct way of definition of efficiency of innovations to production-technological of resource tests as it is known from statistics, that resource tests a priori are account and really to define (or to calculate) economic benefit of periodic tests it is impossible.

Key words: scientific and technical level, periodic tests, mechanical drives, automatization.