

МЕТОД ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ В МНОГОНОМЕНКЛАТУРНЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ

Б.В. Палюх, Г.Б. Бурдо

ГОУ ВПО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь;
pboris@tstu.tver.ru

Представлена членом редколлегии профессором С.И. Дворецким

Ключевые слова и фразы: искусственный интеллект; критерий; системный анализ; системы автоматизированного проектирования технологических процессов.

Аннотация: Приведены результаты исследования методов оценки решений в системах автоматизированного проектирования технологических процессов для предприятий единичного и мелкосерийного производства на основе системного подхода.

Принципы выбора системы критериев

Система критериев на промежуточных уровнях декомпозиции процесса технологического проектирования (ПТП) в системах автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТПр) с элементами искусственного интеллекта (ИИ) – необходимое условие для отбора целесообразных вариантов [1, 2]. Так как решения на высших уровнях ПТП из-за малой степени детализации невозможно оценить в параметрах окончательного, оценки носят логический характер. Степень точности критериев при переходе к следующим уровням должна увеличиваться, что позволяет целенаправленно приближаться к оптимальному общему решению. Для повышения эффективности процедур поиска решений на каждом уровне отбирается несколько вариантов, так как не имеется математического доказательства того факта, что получение оптимальных решений на высших уровнях обеспечивает глобальный оптимум технологического процесса (ТПр) механической обработки в целом. Необходимость выбора нескольких решений вызвана и приближенностью критериев. Поэтому интервалы значений критериев выбираются так, чтобы, с одной стороны, не увеличивать число детализируемых в дальнейшем вариантов, с другой – не потерять лучшее или близкое к нему решение.

Были сформулированы основополагающие принципы, определяющие формирование критериев.

1. Комплексность – учет важнейших факторов в их взаимовлиянии на результаты решения общей задачи.

2. Критерии должны иметь количественный вид, позволяющий выявить связь параметров общего решения и значения критерия уровня. Критерий должен быть чувствительным к изменению параметров ТПр и пропорциональным – увеличение интервалов критериев должно повлечь увеличение интервалов параметров ТПр.

3. Критерии должны отражать все уровни ПТП, основные структурные и параметрические системные свойства ТПр на уровнях и быть модифицируемыми в связи с изменениями в производственной системе (ПС).

4. Достижение конечной цели и иерархичность – подчиненность промежуточных критериев глобальному критерию – целевой функции (ЦФ), то есть рассмотрение критериев уровней, как единой иерархической системы.

5. Смысловое содержание критериев должно соответствовать смысловому содержанию решения уровня, что упрощает управление проектированием.

6. Критерии на уровнях должны обеспечивать получение решений в постепенно сужающихся пространствах поиска.

Формирование критериев оценки решений в САПР ТПр

Наиболее часто на первом уровне проектирования (укрупненная схема ТПр) используют критерии: минимумы технологической себестоимости, $C_T \rightarrow \min$; приведенных затрат, $C_{\text{прив}} \rightarrow \min$; неполного оперативного времени, $t_{\text{оп}} \rightarrow \min$; максимум технологической производительности резания, $K_T \rightarrow \max$. Критерии предусматривают знание параметров переходов, синтезируемых на последнем уровне, что приводит к длительным итерационным процедурам проектирования. Использование приближенных данных снижает точность. Главными же недостатками являются: отсутствие связи критериев с фактическим состоянием в технологических подразделениях (ТП) по загрузке оборудования; оценки неявно связаны с параметрами решений – маршрутами обработки поверхностей и деталей и т.д.

Учитывая, что выбор заготовки в условиях единичного и мелкосерийного производства часто ограничивается различным сортовым прокатом и этапы обработки допускают лишь частичную перестановку, основным управляемым параметром критерия являются маршруты обработки поверхностей (МОП), зависящие от вида заготовки и отражающие особенности состава этапов (вид и место термической обработки, наличие заготовительного этапа и т.д.). Поэтому МОП детали могут быть достаточно объективной оценкой решения уровня.

Рассмотрим характеристики – мощность обобщенного маршрута обработки поверхностей $M_o = \cup \text{МОП}_i = \cup \{\text{ПЕР}_j\}_i$, где i – номер обрабатываемой поверхности, j – порядковый номер перехода; и мощность пересечения маршрутов обработки $M_{\text{п}} = \cap \text{МОП}_i = \cap \{\text{ПЕР}_j\}_i$. Оценим множества M_o и $M_{\text{п}}$ по системному параметру перехода – виду обработки (методу технологического воздействия). Число элементов в множествах N_o и $N_{\text{п}}$, найдем их соотношение $K_{\text{п}} = N_o/N_{\text{п}}$ и проанализируем.

Увеличение $N_o/N_{\text{п}}$ соответствует использованию большего числа различных методов, определяет дифференциацию ТПр на операции, увеличение числа установов и переналадок оборудования, загрузку большего числа станков.

Уменьшение $N_o/N_{\text{п}}$ способствует концентрации обработки за счет сокращения различных ее методов, уменьшения числа операций и т.д., а также отражает степень унификации ТПр на предприятии.

Оценим множества M_o и $M_{\text{п}}$ по системному признаку – типу применяемого инструмента (число элементов в множествах N_o^1 и $N_{\text{п}}^1$). Отношение $K_{\text{и}} = N_o^1/N_{\text{п}}^1$ прямо характеризует тенденцию к увеличению (уменьшению) числа применяемого инструмента и затрат на него, косвенно – указанное выше касательно ТПр. Соотношение характеризует структурные составляющие ТПр и соответствует его уровню.

Рассмотрим величину, обозначив ее $K_{\text{ТП}}$ – коэффициент состояния ТП:

$$K_{\text{ТП}} = (Z_{\text{T}}/0,85)^{m_1},$$

где Z_{T} – приведенная загрузка по типам оборудования, применяемого для реализации множества переходов M_0 , $Z_{\text{T}} = \sum^n Z_{\text{п}i}$, $Z_{\text{п}i}$ – приведенная загрузка i -го типа станка; n – их количество; 0,85 – нормативная загрузка, рекомендуемая для предприятий указанного типа производств по плановым работам; m_1 – показатель степени. Загрузка учитывается только по лимитирующим типам оборудования. Для учета влияния объема обработки каждого вида $Z_{\text{п}i}$ рассчитывается по формуле

$$Z_{\text{п}i} = (Z_i p_i)/p,$$

где Z_i – фактическая загрузка i -го типа станка на настоящее время; p_i – число переходов, выполняемых на данном типе станка; p – общее их число по деталям.

Коэффициент состояния ТП $K_{\text{ТП}}$ объемно учитывает загрузку оборудования, характеризует готовность ТП к работе; чем его величина больше, тем более дифференцирован должен быть ТПр (с целью обеспечения равномерной загрузки оборудования и предотвращения узких мест).

Рассмотрим произведение $K_{\text{п}}$ и $(1/K_{\text{ТП}})$, обозначив его K_1^1 ,

$$K_1^1 = (\cup \text{МОП}_i / \text{МОП}_i) (1/K_{\text{ТП}}) = N_0 / N_{\text{п}} (1/(Z_{\text{T}}/0,85)^{m_1});$$

K_1^1 отражает структуру ТПр по методам обработки, учитывает ожидаемое распределение этих методов по станкам, изменение загрузки оборудования, что позволяет использовать его в качестве критерия. Рассмотрим $K_2^1 = K_{\text{п}}(1/K_{\text{ТП}})$

$$K_2^1 = (N_0^1 / N_{\text{п}}^1) (1/(Z_{\text{T}}/0,85)^{m_1});$$

K_2^1 характеризует структуру ТПр с точки зрения инструмента и влияние на загрузку множества предусмотренных переходов, то есть носит комплексный характер, но более явно связан с затратами, нежели K_1^1 .

Поэтому, первый критерий $K_1^1 = E_1^1$ следует использовать, если ЦФ ТПр $Q \rightarrow \max$, а второй $K_2^1 = E_2^1$ – когда $C \rightarrow \min$:

$$K_{1\min} \leq E_1^1 \leq K_{1\max}, \quad K_{2\min} \leq E_2^1 \leq K_{2\max}.$$

Если критерий – минимальный цикл изготовления деталей $T_{\text{ц}} \rightarrow \min$, то он предполагает дифференциацию ТПр на операции и обработку на рабочих местах параллельно-последовательно. В этом случае фактическая загрузка ТП во внимание не принимается ($K_{\text{ТП}} = 1$), а K_1^1 смещен в сторону больших величин; поэтому критерий $E_3^1 = K_{\text{п}}$

$$K_{3\min} \leq E_3^1 \leq K_{3\max}.$$

Значения $K_{1\max}$, $K_{1\min}$, $K_{2\max}$, $K_{2\min}$, $K_{3\max}$, $K_{3\min}$ установлены на основе опыта имитационного моделирования (ИМ), сравнения расчетных и фактических параметров ТПр и значений критериев (уточняются в процессе работы). Их значения для некоторых типов деталей по результатам внедрения САПР ТПр на ООО «Нефтегеофизика» (г. Тверь) приведены в табл. 1.

Таблица 1

Граничные значения критериев для первого уровня проектирования

Тип детали	$K_{1\min}^1$	$K_{1\max}^1$	$K_{2\min}^1$	$K_{2\max}^1$	$K_{3\min}^1$	$K_{3\max}^1$	m_1
Головки, корпуса	1,5	3,4	1,8	3,2	1,7	4,3	0,7
Втулки	1,7	3,6	1,8	3,4	1,9	4,1	0,7
Валы, штоки	1,5	4,1	1,8	3,7	1,8	4,5	0,7

На уровне маршрутной технологии находят применение следующие критерии: максимальная производительность операции $Q_{\text{оп}} \rightarrow \max$, минимумы приведенных затрат $C_{\text{прив}} \rightarrow \min$, технологической себестоимости $C_{\text{т}} \rightarrow \min$ и трудоемкости (штучно-калькуляционного времени) $t_{\text{шт.-к}} \rightarrow \min$. Критерии приближены, так как точных параметров, позволяющих их рассчитать, еще нет и не очевидна взаимосвязь параметров и структуры ТПр с критериями.

Рассмотрим соотношение $K_0 = k/q$, где k – число операций в маршруте, q – число этапов механической обработки. Увеличение K_0 ведет к дифференциации ТПр, уменьшение – к концентрации, то есть он характеризует основные структурные составляющие ТПр, и его производительность.

Рассмотрим выражение $K_{\text{д}} = (L_p/L_{\text{д}})^{m_2}$, где $L_{\text{д}}$ – размер оптимальной партии, определяющий дифференциацию ТПр; L_p – размер фактической партии запуска. При увеличении партии деталей L_p целесообразно увеличивать дифференциацию ТПр, и наоборот. На данном уровне уточнены группы станков в пределах типа, поэтому введем величину

$$K_{\text{ТП}}^2 = (3_{\text{г}}/0,85)^{m_1},$$

где $3_{\text{г}}$ – приведенная загрузка по группам оборудования в пределах типа, $3_{\text{г}} = \sum 3_{\text{г.пи}}$, $3_{\text{г.пи}}$ – приведенная загрузка i -й группы, $3_{\text{г.пи}} = 3_i p_i / p$, 3_i – фактическая загрузка i -й группы станков.

Рассмотрим $K_1^2 = K_0 (1/K_{\text{ТП}}^2)$. Значение K_1^2 отражает структуру спроектированной технологии и состояние ТП. Поэтому $K_1^2 = \frac{k}{q} (1/(3_{\text{г}}/0,85)^{m_1})$ можно использовать как критерий E_1^2 , если ЦФ ТПр $Q \rightarrow \max$ (индекс сверху означает уровень): $K_{1\min}^2 < E_1^2 < K_{1\max}^2$.

Проанализируем $K_2^2 = E_2^2 = K_0 (1/(K_{\text{ТП}}^2 K_{\text{д}}))$. $K_{\text{д}}$ учитывает экономическую сторону технологии. Тогда, при $K_{1\min}^2 = K_{2\min}^2$ и $K_{1\max}^2 = K_{2\max}^2$ и $L_p < L_{\text{д}}$ ($K_{\text{д}} < 1$) выдерживание соотношения $K_{2\min}^2 < E_2^2 < K_{2\max}^2$ приводит к уменьшению K_0 , то есть к концентрации обработки, и наоборот. Критерий эффективен при ЦФ ТПр $C_{\text{т}} \rightarrow \min$.

В соответствии с вышесказанным, при ЦФ ТПр $T_{\text{ц}} \rightarrow \min$, $E_3^2 = K_3^2 = K_0$ и критерий $K_{3\min}^2 < E_3^2 < K_{3\max}^2$, но границы смещены в сторону больших значений. Значения границ определяются теми же соображениями, что и для критериев 1-го уровня, и учитывают специфику оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ). Значения рекомендуемых начальных интервалов критериев приведены в табл. 2.

Таблица 2

Граничные значения критериев для уровня маршрутной технологии

Тип детали	$K_{1\min}^2$	$K_{1\max}^2$	$K_{2\min}^2$	$K_{2\max}^2$	$K_{3\min}^2$	$K_{3\max}^2$	m_1
Головки, корпуса	1,3	1,9	1,5	2,0	1,7	2,5	0,8
Втулки	1,1	1,6	1,4	2,2	1,5	2,1	0,8
Валы, штоки	1,2	1,7	1,3	2,0	1,55	2,3	0,8

Выбор компромиссной схемы критериев, отражающей принцип справедливой относительной уступки (в виде произведения), гласящий: «справедливым является такой компромисс, при котором суммарный относительный уровень снижения качества одного или нескольких критериев не превосходит суммарного относительного уровня повышения качества по остальным критериям», обусловлен следующими соображениями. Критерии базируются на анализе и сравнении величин изменения локальных критериев, которое, учитывая наличие компромисса, неизбежно. Формирование критериев по принципу справедливой относительной уступки обеспечивает сглаживание уровней локальных критериев, немало важно и то, что метод не чувствителен к масштабу изменения критериев.

На уровне проектирования операционной технологии обычно рекомендуется использовать критерии неполного штучного $t'_{шт}$, неполного вспомогательного $\sum t'_{в}$ времени, себестоимости обработки совокупности переходов $\sum C_{пер i}$. Очевидно желание найти соответствие между параметрами общего решения, оцениваемого Q и C . Однако отсутствие данных по режимам резания, по используемому инструменту (определяются позднее) затрудняет расчет, либо приводит к итерационным процедурам; также в критериях не отражено состояние ТП.

Рассмотрим выражение для неполного штучного времени, учитывающее только изменяемые затраты времени на выполнение операции для каждого варианта структуры,

$$t'_{шт} = \left(\sum l_{p.xi} / S_i + \sum l_{x.xj} / V_{x.xj} + t_{c.ик} \right),$$

где $l_{p.xi}$, $l_{x.xj}$ – длины рабочих и холостых ходов соответственно; S_i , $V_{x.xj}$ – величины подачи рабочих и скорости холостых ходов соответственно; $t_{c.ик}$ – время на k -ю смену инструмента. Первый член в выражении характеризует затраты основного времени, два других – вспомогательного.

Рассмотрим связь вида оборудования с возможностью использования критерия $t'_{шт}$. Для оборудования с ручным управлением длины рабочих ходов и последовательность смены инструмента определены при синтезе структур операций, а холостые ходы произвольно определяются рабочим, поэтому суммарная длина рабочих ходов будет единственным объективным критерием.

Оборудование с ЧПУ следует рассмотреть по типам. Для токарного оборудования с ЧПУ важнее оценка затрат на рабочие ходы, так как холостые выбираются максимально короткими, их скорости превышают на порядки скорости подач рабочих. Рабочие ходы определяют выбор инструмента и время его смены, но, учитывая его малость по сравнению с обработкой, время смены можно не учитывать. Для фрезерно-сверлильно-расточных станков с ЧПУ ситуация иная. Объемная фрезерная обработка строится на основании типовых траекторий или с использованием программных средств, затраты времени на эту обработку для данной детали постоянны. Основное время обработки поверхностей сверлением, рас-

тачиванием, развертыванием, нарезание резьб и т.д. определяется длиной поверхности, поэтому эти затраты времени для данной детали постоянны. Для данного вида оборудования оптимальность структуры определяется временем перехода от обработки одной поверхности к другой.

Для учета состояния ТП, и помня, что модель оборудования определяется на данном уровне, введем критерий $K_{3q} = (3_q/3_{то})^{m3}$, где 3_q – загрузка q -го станка из выбранной группы; $3_{то} = \sum 3_q/K$ – средняя загрузка K станков группы.

Отсюда следующие критерии E^3 . Для универсальных станков при ЦФ $Q \rightarrow \max$, обозначив:

$$\forall v, q \left[\sum_{p,x}^m l_{p,xiv} K_{3q} \right]_{\min} = E_{1\min}^3 \text{ и } \left[\sum_{p,x}^m l_{p,xiv} K_{3q} \right] = E_1^3,$$

получим

$$K_1^3 E_{1\min}^3 \geq E_1^3 \geq E_{1\min}^3,$$

где v – номер варианта; K_1^3 – коэффициент, рекомендуется на первом этапе принимать равным 1,3...1,4.

Если в качестве ЦФ используется $C \rightarrow \min$, то допустив, что затраты по оборудованию и инструменту пропорциональны длинам рабочих ходов, получим величину общих затрат

$$3_{ql} = \left(\sum_{p,x}^m l_{p,xiv} \right) C_{cq} + \sum_{l=1}^n \left(\left(\sum_{p,x}^{p_i} l_{pxj} \right) \right) C_{il},$$

где C_{cq} – стоимость станко-часа работы q -го станка без учета затрат по инструменту; C_{il} – затраты по l -му инструменту ($l = 1, n$), отнесенные к 1-му часу времени резания;

$l_{p,xjl}$ – j -й рабочий ход l -го инструмента, $j = 1, p_i$; $\sum_{l=1}^n \left(\sum_{p,x}^{p_i} l_{p,xj} \right) = \sum_{p,x}^m l_{p,xiv}$; $np_i = m$ – общее число рабочих ходов. Обозначив $\forall q, l$

$(3_{ql})_{\min} = E_{2\min}^3$, получим критерий E_2^3 : $K_2^3 E_{2\min}^3 \geq E_2^3 \geq E_{2\min}^3$.

Можно принять $K_2^3 = K_1^3$. Если в качестве ЦФ выбрано $T_{ц} \rightarrow \min$,

то загрузка оборудования не учитывается. Обозначив $\sum_{p,x}^m l_{p,xiv} = E_3^3$ и

$\forall v \left(\sum_{p,x}^m l_{p,xiv} \right)_{\min} = E_{3\min}^3$, получим: $K_3^3 E_{3\min}^3 \geq E_3^3 \geq E_{3\min}^3$.

K_3^3 можно принимать равным $K_1^3 = K_2^3$.

Для токарного оборудования с ЧПУ критерии совпадают со станками с ручным управлением, $E_{4T}^3 = E_1^3 (Q_{\phi} \rightarrow \max)$, $E_{5T}^3 = E_2^3 (C \rightarrow \min)$, $E_{6T}^3 = E_3^3 (T_{ц} \rightarrow \min)$.

Известно, что для дорогостоящего оборудования (фрезерно-сверлильно-расточные станки с ЧПУ) ЦФ $Q \rightarrow \max$ и $C \rightarrow \min$ определяют близкие структуру и параметры операций, поэтому в этих случаях целесообразен критерий $E_7^3 = E_8^3 = t'_{bv} K_q$. Обозначив $\forall v, q (t'_{bv} K_q)_{\min} = E_{7,8 \min}^3$, получим $K_3^3 E_{7,8 \min}^3 \geq \geq E_{7,8}^3 \geq E_{7,8 \min}^3$. Если целевая функция $T_{ц} \rightarrow \min$, то $E_9^3 = t'_{bv}$, то $E_{9 \min}^3 = t'_{bv \min}$, а $K_9^3 E_{9 \min}^3 \geq E_9^3 \geq E_{9 \min}^3$.

На уровне нахождения параметров технологических переходов критерии, за исключением $T_{ц} \rightarrow \min$, исследованы достаточно подробно, в том числе и при многокритериальной оптимизации.

Даны функциональные зависимости Q и C от параметров выполнения операций и перехода (режимов резания, временных потерь различных видов, денежных потерь и т.д.). Для правильного выбора важен учет организации смены, заточки инструмента на конкретном предприятии. В общем виде критерий K_1^4 может быть записан следующим образом:

$$K_1^4 = Q = f(\{l_{p.xi}\}, \{\{\text{ПР}_j\}_i\}, \{C_j\}, t_e) K_{3q} \rightarrow \max,$$

где $\{\{\text{ПР}_j\}_i\}$ – множество параметров режимов резания на i -х рабочих ходах; $\{l_{p.xi}\}$ – множество длин рабочих ходов; $\{C_j\}$ – временные потери, зависящие от $\{\{\text{ПР}_j\}_i\}$; t_e – внецикловые потери, не зависящие от $\{\{\text{ПР}_j\}_i\}$. Критерий K_2^4 :

$$K_2^4 = C = f_2(\{l_{p.xi}\}, \{\{\text{ПР}_j\}_i\}, \{C_{cq}\}, C_{ul}) K_{3q} \rightarrow \min.$$

Если целевая функция $T_{ц} \rightarrow \min$, то внимание заслуживает критерий – максимальная технологическая производительность (производительность резания), K_{pi} на i -м рабочем ходе. Оговоримся, что применение критерия предусматривает централизованную заточку и наладку инструмента, без отвлечения на эти цели станочника. Для каждого перехода или рабочего хода $K_3^4 = K_p$, тогда $K_3^4 = \sum((n_i s_i) / l_{p.xi}) \rightarrow \max$, где n_i, s_i – число оборотов шпинделя и обратная подача соответственно. Если такое мероприятие не предусматривается, то в качестве критерия выбирается $K_3^4 = Q \rightarrow \max$.

Процедуры накопления и обобщения опыта применения критериев

В соответствии с требованиями, предъявляемыми к системам с ИИ, критерии должны уточняться на основании опыта проектирования. Учитывая, что представленные критерии функционально зависят от параметров ТПр рассматриваемого уровня декомпозиции и параметров технологических подразделений, реализация данного требования не вызывает принципиальных затруднений.

Конкретизируем механизм процесса. Критерии должны уточняться на основе ИМ или оценки результатов, полученных в ТП. При ИМ преследуются цели: уточнение границ критериев на каждом уровне; определение числа вариантов, оставляемых на каждом уровне; установление влияния изменения величины каждого критерия на изменение значений технико-экономических показателей.

Функция ИМ

$$F : \{E_i^j\} \times \{CX_k\} \times \{TЭП_l\} \rightarrow \{\Delta E_i^j\}, \{TЭП_l\} \leftrightarrow \{\Delta E_i^j\},$$

где $\{E_i^j\}$ – наборы множества критериев; $\{CX_k\}$ – множество системных характеристик ТПр, $\{TЭП_l\}$ – множество технико-экономических показателей ТПр ($C, Q, T_{ц}$); $\{\Delta E_i^j\}$ – изменение критериев, соответствующее $\{TЭП_l\}$. Оценка результатов выполнения ТПр в технологическом подразделении преследует те же цели, но в связи с тем, что получение ряда фактических ТЭП затруднено, анализ следует выполнять на основе экспертных оценок качества ТПр, сопоставляя их со значением критериев на уровнях ПТП.

Заключение

Указанный подход, отражающий особенности организационно-технологического проектирования ТПр, был реализован при разработке САПР ТПр для предприятия «Нефтегазгеофизика», выпускающего геофизические приборы и оборудование. По результатам опытной эксплуатации системы можно отметить достаточное качество спроектированных ТПр (с точки зрения точности обработки деталей), их соответствие целевой функции технологического процесса и производственным условиям.

Список литературы

1. Палюх, Б.В. Оптимизация процедур поиска технологических решений в комплексной САПР ТП – АСУТП / Б.В. Палюх, Г.Б. Бурдо // Вестн. Ижев. гос. техн. ун-та. – 2010. – № 3 (47). – С. 109–112 .
2. Бурдо, Г.Б. Исследование процедур проектирования технологий в системах автоматизированного проектирования и управления технологическими процессами / Г.Б. Бурдо // Вестн. Ижев. гос. техн. ун-та. – 2010. – № 4 (48). – С. 109–113 .
3. Палюх, Б.В. Теоретические основы комплексной автоматизированной системы проектирования и управления технологическими процессами в многоменклатурном производстве / Б.В. Палюх, Г.Б. Бурдо // Вестн. Самар. гос. техн. ун-та. Сер. техн. науки. – 2010. – № 4 (27). – С. 44–54.
4. Палюх, Б.В. Механизм синтеза решений при проектировании технологических процессов в комплексных САПР ТП – АСУТП / Б.В. Палюх, Г.Б. Бурдо // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2010. – № 3. – С. 500–506.

Methods of Intellectual Assessment of Solutions in Designing Technological Processes for Diversified Production

B.V. Palyuh, G.B. Burdo

Tver State Technical University, Tver;
pboris@tstu.tver.ru

Key words and phrases: artificial intelligence; automated design systems for technological processes; criterion; system analysis.

Abstract: The paper shows the results of research into the methods of assessing solutions in automated design system of technological processes for machine-building plants with individual and small-scale production on the basis of system analysis.

Methode der intellektuellen Einschätzung der Lösungen bei der Projektierung der Technologie in den Vielnomenklaturproduktionen

Zusammenfassung: Es sind die Resultate der Untersuchung der Methode der Einschätzung der Lösungen in den Systemen der automatisierten Projektierung der technologischen Prozesse für die Betriebe der Individuell- und Kleinserienproduktion mit der Position der Systemanalyse angeführt.

Méthode de l'estimation intellectuelle des solutions lors de la conception des technologies dans les productions à multiproduits

Résumé: Sont cités les résultats de l'étude des méthodes de l'estimation des solutions dans les systèmes de la conception automatisée des processus technologiques pour les entreprises de la production unitaire ou en série des positions de l'approche systémique.

Авторы: *Палюх Борис Васильевич* – доктор технических наук, профессор, ректор; *Бурдо Георгий Борисович* – кандидат технических наук, профессор кафедры «Технология и автоматизация машиностроения», ГОУ ВПО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь.

Рецензент: *Семенов Николай Александрович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Информационные системы», ГОУ ВПО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь.
