

МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ

Рассматривается математическая модель принятия решений при проектировании технологических процессов изготовления опытных образцов зерноуборочной и кормоуборочной техники, положенная в основу созданной в организации САПР ТП.

Проектирование технологических процессов механической обработки деталей опытных образцов зерноуборочной и кормоуборочной техники представляет собой комплекс интеллектуальных действий проектировщика, состоящий из последовательного принятия технологических решений. Анализ состава полных технологических решений r показывает, что они состоят из ряда частных технологических решений.

$$r = \{r_{нов}, r_{он}, r_{об}, r_{сх}, r_{np}, r_n, r_{пу}, r_{ми}, r_{ви}\} \quad (1)$$

где $\{r_{нов}\}$ – описание формируемых при обработке поверхностей; $\{r_{он}\}$ – наименование технологической операции; $\{r_{об}\}$ – наименование и модель оборудования; $\{r_{сх}\}$ – схема базирования и закрепления детали; $\{r_{np}\}$ – наименование и обозначение приспособления; $\{r_n\}$ – содержательная формулировка предписания (тексты переходов); $\{r_{пу}\}$, $\{r_{ми}\}$, $\{r_{ви}\}$ – наименования и обозначения режущих, мерительных и вспомогательных инструментов.

Каждый элемент, входящий в выражение (1), является элементом соответствующего одноименного с ним множества частных технологических решений $R_{нов}$, $R_{он}$, $R_{об}$, $R_{сх}$, R_{np} , R_n , $R_{пу}$, $R_{ми}$, $R_{ви}$.

Частное технологическое решение определено, если известны следующие его параметры: d_1 – наименование частного технологического решения; d_2 – значение наименования d_1 ; d_3 – набор характеристик частного технологического решения; d_4 – набор значений характеристик. Совокупность одноименных параметров частных технологических решений образует соответствующие множества: $D_1 = \{d_1\}$, $D_2 = \{d_2\}$, $D_3 = \{d_3\}$, $D_4 = \{d_4\}$. При этом целесообразно считать, что множество D_3 в качестве характеристик включает все наименования d_1 частных технологических решений, а множество D_4 – все их значения d_2 , т.е. $D_1 \subset D_3$ и $D_2 \subset D_4$.

Оценка потребности в полном описании технологических решений для условий экспериментального производства показывает, что при широкой но-

менклатуре, малых объемах и высокой квалификации исполнителей возникает задача поиска разумного компромисса между степенью детализации описания технологических процессов и временем, отводимым на их проектирование. При этом степень детализации описания зависит от сложности технологии и по желанию проектировщика должна иметь возможность вирироваться от первого до третьего уровня.

Первый уровень предполагает разработку маршрутного описания технологического процесса и является необходимым, но не достаточным условием его осуществления в опытном производстве, тому есть две основные причины: сложность объективной оценки трудозатрат и высокая вероятность того, что ряд специальных видов оснащения будет упущен при описании технологии.

Второй уровень предполагает разработку операционного описания технологического процесса. При его использовании устраняются недостатки первого уровня, но увеличивается время проектирования.

Третий уровень предполагает помимо операционного описания технологического процесса, автоматизированное получение управляющих программ для станков с ЧПУ. Он используется в тех случаях, когда не возможно получить необходимую точность изготовления на универсальном оборудовании.

Множество всех частных технологических решений можно представить в виде объединения двух множеств I_R и T_R :

$$R = I_R \cup T_R, \text{ при этом } I_R \cap T_R = \emptyset$$

где I_R – множество частных индивидуальных технологических решений, принимаемые технологом директивно на творческих этапах проектирования технологий; T_R – множество частных типовых технологических решений, процесс выбора которых поддается формализации.

Одноименные частные индивидуальные технологические решения образуют соответствующие непересекающиеся подмножества множеств I_R и T_R , т.е.

$$I_R = R_{Инов} \cup R_{Ион} \cup R_{Исх} \cup R_{Имп} \cup R_{Илн}$$

$$T_R = R_{Тоб} \cup R_{Тпу} \cup R_{Тви} \cup R_{Тми}$$

где $R_{Иi} \subset I_R$ – множество одноименных частных индивидуальных решений; $R_{Ti} \subset T_R$ – множество одноименных частных типовых решений.

Соотношение индивидуальных и типовых технологических решений, положенных в основу при создании САПР ТП, указывает на совершенство автоматизации процесса проектирования. Чем больше доля типовых технологических решений, тем эффективнее автоматизация процесса проектирования.

При проектировании конкретного технологического процесса на множестве $R_{Инов}$ выделяется $R'_{Инов}$ индивидуальных решений, определяющих этапы изменения состояния обрабатываемой детали, т.е.

$$R'_{Иi} \subset R_{Иi}, R'_{Иi} \subset \{r'_{Иi}\}$$

где r'_{Ii} – индивидуальные технологические решения для данного технологического процесса.

В процессе проектирования технологии каждому элементу r'_{Ii} множества R'_{Ii} необходимо поставить в соответствие один (оптимальный) элемент r_{Tj} множества R_{Tj} , т.е. произвести отображение R'_{Ii} в R_{Tj}

$$f : R'_{Ii} \rightarrow R_{Tj}$$

где f – функция отображения, которая устанавливает соответствие между элементами $r'_{Ii} \in R'_{Ii}$ и $r_{Tj} \in R_{Tj}$:

$$r_{Tj} = f(r'_{Ii}) \quad (2)$$

Установление соответствия между элементами r'_{Ii} и r_{Tj} в технологической интерпретации означает определение необходимого оборудования, режущих, мерительных и вспомогательных инструментов для обработки заданного набора поверхностей детали (на заданной операции с использованием указанного приспособления при выполнении известного перехода).

Все элементы r'_{Tj} множества R_{Tj} , удовлетворяющие (2), образуют подмножество R'_{Tj} множества R_{Tj} , т.е.

$$R'_{Tj} \subset R_{Tj}, R'_{Ti} \subset \{r'_{Ti}\},$$

где r'_{Tj} – типовые технологические решения для проектируемого технологического процесса.

Применение системного подхода к изучению процесса принятия технологических решений позволяет предположить существование математической модели M , как некоторого множества F с заданным на нем набором отношений $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, определяющих выбор типовых решений

$$M = \langle F, \{a_1, a_2, \dots, a_n\} \rangle$$

Основу построения отношений $\{a\}$ составляет некоторое множество аксиом $\{A\}$, ограничивающих количество всех возможных отношений на множестве F . При этом множество F представляет собой множество всех технологических решений, множество аксиом $\{A\}$ – совокупность основных закономерностей построения технологических процессов, набор отношений $\{a\}$ – совокупность правил построения технологических процессов. Учитывая сказанное, следуют искать математическую модель процесса принятия технологических решений в виде

$$M = \langle F, \{a\}, \{A\} \rangle$$

Следовательно, задача построения математической модели процесса принятия технологических решений состоит из следующих этапов:

1. Формирование базового множества F модели M при создании автоматизированной системы проектирования;
2. Построение множества аксиом $\{A\}$ принятия типовых технологических решений;
3. Определение набора отношений $\{a\}$ на базовом множестве F процесса принятия типовых решений.

Описание базового множества определяет порядок его реального формирования. При этом необходимо выполнить следующие действия:

1. Определить состав базового множества, т.е. перечень всех частных решений, предназначенных для системной обработки;
2. Разделить все частные технологические решения на индивидуальные и типовые;
3. Отнести каждое решение к конкретному наименованию и присвоить ему значение наименования;
4. Определить набор характеристик каждого решения, их наименования и численные значения;
5. Установить однозначное соответствие между наименованиями решений, значениями наименований, наборами характеристик и значениями характеристик.

Для создания базового множества F модели M при разработке САПР ТП опытных образцов зерноуборочной и кормоуборочной техники наборы характеристик индивидуальных решений, формируемые технологом, и типовые технологические решения были включены в состав нормативно-справочной базы. Таким образом, в качестве имен наборов данных использовались наименования решений (т.е. $d_1 \in D_1$), а в роли ключей – значения наименований технологических решений (т.е. $d_2 \in D_2$). При этом наборы характеристик $d_3 \in D_3$ решений определили структуру записей, а значения характеристик $d_4 \in D_4$ – их содержания. Описанная организация нормативно-справочной базы системы реально осуществила однозначное соответствие (т.е. установление связей C_1, C_2, C_3) между наименованиями решений, значениями наименований, наборами характеристик и их значениями. Этому способствовало использование универсальной схемы формирования технологических переходов [1].

Для построения множества аксиом принятия типовых технологических решений примем, что наличие определенного свойства α у конкретного частного технологического решения r_ξ можно выразить с помощью соответствующего предиката E_α . Тогда утверждение «частное технологическое решение r_ξ обладает свойством α » запишем следующим образом

$$E_\alpha(r_\xi) \tag{3}$$

Наличие свойства α у заданного решения r_ξ , т.е. значение «истина» предиката $E_\alpha(r_\xi)$ вполне определяется наличием соответствующей характери-

стики t_α в наборе d_3 рассматриваемого решения r_ξ . Но так как каждая характеристика t_α набора d_3 принимает свои значения из d_4 , то есть смысл предположить наличие у свойства α ряда значений θ_α . Например, одной из характеристик частного технологического решения $r_{нов}$ (обрабатываемая поверхность) является форма обрабатываемой поверхности t_ϕ . Характеристика t_ϕ определяет свойство E_ϕ решения $r_{нов}$ иметь ту или иную форму.

Обозначив значение свойства α решения r_ξ через $\theta_\alpha^{r_\xi}$ и, используя предикат (3), можно формализовать высказывание «частное технологическое решение r_ξ обладает свойством α , и значение этого свойства есть $\theta_\alpha^{r_\xi}$ » следующим образом:

$$E_\alpha(r_\xi) \wedge \theta_\alpha^{r_\xi} \quad (4)$$

Предикат (3) позволяет выбирать частные технологические решения с заданными свойствами для последующего отбора с помощью формулы (4) из всех r_ξ , обладающих этими свойствами только таких, которые имеют определенные значения этих свойств.

Формально содержание высказывания «если набор характеристик d_3 решения r_ξ содержит характеристику t_ϕ , то решение обладает свойством E_ϕ » можно записать в виде

$$(t_\phi \in d_3^{r_\xi}) \rightarrow E_\phi(r_\xi)$$

При определении отношений на базовом множестве процесса принятия типовых технологических решений следует иметь ввиду следующее обстоятельство. Базовым множеством математической модели процесса принятия технологических решений является множество $F = R_{II} \times R_T$, элементами которого служат полные технологические решения r , представленные в виде набора (r_{II}, r_T) , т.е. $r = (r_{II}, r_T)$. Таким образом, под отношением на F следует понимать некоторое условие, выполнение которого выделяет на F заранее обусловленное подмножество.

Анализ причинно-следственных связей частных технологических решений, выполненный на основе принятой системы аксиом, дает возможность записать ряд отношений H_i :

$$r_{нов} H_1 r_{он}, (r_{нов}, r_{он}) H_2 r_{сх}, (r_{нов}, r_{он}, r_{сх}, r_{об}) H_3 r_{пр}, (r_{нов}, r_{он}) H_4 r_n, \\ (r_{нов}, r_{он}, r_n) H_5 r_{пу}, (r_{нов}, r_{он}, r_n, r_{об}, r_{пу}) H_6 r_{ви}, r_{нов} H_7 r_{ми}$$

Каждое из указанных отношений выделяет на базовом множестве F : H_1 – наименование операции; H_2 – схему базирования и закрепления; H_3 –

приспособление; H_4 – текст перехода; H_5 – режущий инструмент; H_6 – вспомогательный инструмент; H_7 – измерительный инструмент.

Окончательный набор отношений на F имеет вид:

$$(H_0C^{H_0}, H_1C^{H_1}, \dots, H_7C^{H_7})$$

Введем следующие обозначения:

c_p – описание обрабатываемых в данной операции поверхностей детали, характеризующее состояние детали после выполнения этой операции;

$c_{p-1}^\alpha A_p c_p^\alpha$ – операция процесса-аналога, выполнение которой переводит деталь-аналог в состояние c_p ;

$c_{q-1}^\alpha A_q c_q^\alpha$ – переход операции процесса-аналога, выполнение которого переводит деталь-аналог в состояние c_q ;

$c_{r-1} A_r c_r$ – переход, который необходимо включить в соответствующую операцию процесса-аналога.

Используя логический символ отрицания \neg , высказывание «переход $c_{q-1}^\alpha A_q c_q^\alpha$ исключить» можно записать следующим образом: $\neg c_{q-1}^\alpha A_q c_q^\alpha$. Тогда для операции полное технологическое решение «перевести в состояние c_p , выполнив операцию $c_{p-1}^\alpha A_p c_p^\alpha$, в которой исключен переход $c_{q-1}^\alpha A_q c_q^\alpha$ и добавлен переход $c_{r-1} A_r c_r$ », можно представить в виде $r^o = (c_p, c_{p-1}^\alpha A_p c_p^\alpha, \neg c_{q-1}^\alpha A_q c_q^\alpha, c_{r-1} A_r c_r)$. Полное технологическое решение для перехода имеет вид

$$r = \begin{cases} (r_{нов} \in c_p, c_{q-1}^\alpha A_q c_q^\alpha) & (5) \\ (r_{нов} \in c_p, c_{r-1} A_r c_r) & (6) \end{cases}$$

Выражение (5) описывает r , если в данной операции используется переход-аналог, а выражение (6) – если в данную операцию вводится оригинальный переход. Поскольку аналоговый переход включает фиксированные аналоговые частные технологические решения, т.е. $c_{q-1}^\alpha A_q c_q^\alpha = (r_{он}^\alpha, r_{об}^\alpha, r_{сх}^\alpha, r_{нр}^\alpha, r_n^\alpha, r_{пу}^\alpha, r_{ви}^\alpha, r_{ми}^\alpha)$ и каждое из них есть элемент соответствующего множества $r_\xi^\alpha \in R_\xi$, то базовое множество F содержит все технологические решения, принимаемые при проектировании технологических процессов и на нем сохраняется весь набор отношений H_i . При этом аналоговый переход $c_{q-1}^\alpha A_q c_q^\alpha$ включается в проектируемый технологический процесс, если для всех решений r_ξ^α выполняются отношения H_i , если хотя бы одно из отношений H_i не выполняется, то указанный переход не включается в технологический процесс.

Описанная модель процесса принятия технологических решений была положена в основу САПР ТП опытных образцов, разработанную в РКУП «ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике». Ее внедрение обеспечило повышение производительности проектирования в 7,8 раза.

Библиографический список

1 Петухов А.В. Универсальная схема формирования переходов / А.В.Петухов // Технологическая системотехника. Сборник трудов Первой Международной электронной научно-технической конференции. – Тула: Гриф и К°, 2002. – с. 294-296.