

Для конкретных экспериментальных соединений рассчитанная величина фактического натяга $\delta_{сф}$ примерно равна нулю при номинальном натяге δ_c соединения меньшем 0,04 мм. Поэтому, как видно из графика (рис. 5 линия 1), на силу выпрессовки $P_{вып}$ при натягах $\delta_c < 0,04$ мм не влияет увеличение натяга, она постоянна и обусловлена в основном прочностью клеевого соединения поскольку адгезив заполняет все пустоты. В интервале δ_c от 0,01 до 0,04 мм сила выпрессовки равна 80 кН. При натягах больших 0,04 мм, когда фактический натяг на площади контакта становится больше указанных погрешностей (см. формулу 3), на прочность соединения влияет изменение величины натяга, и результаты расчетов силы выпрессовки по формуле (1) практически совпадают с результатами экспериментов (см. рис. 5 линии 1, 2). Для сравнения на рис. 5 приведены графики теоретических 3 и экспериментальных 4 зависимостей прочности аналогичных соединений, полученных только тепловой сборкой.

Выводы.

Экспериментальные исследования показали, что комбинированным методом можно получать соединения, равнопрочные с соединениями, полученными тепловым методом при уменьшении натяга в 2...8 раз. Использование небольших номинальных натягов в пределах 0,01...0,02 мм (посадки H7/js6, H7/k6) позволяет точно центрировать сопрягаемые поверхности и получать соединения, соответствующие по прочности, равные посадкам H7/s6. Это позволяет повысить усталостную прочность и долговечность собираемых деталей.

Литература

1. Курносое Н.Е. «Обеспечение качества неподвижных соединений». Монография. -Пенза: изд-во Пенз. Гос. ун-та, 2001. - 224с.
2. Применение адгезивов для получения неподвижных цилиндрических соединений / В.А. Верещагин, В.И. Жорник, Н.С. Качаев и др. - Минск: Ин-т надежности машин НАМ Беларуси, 2000. - 34с.
3. Суслое А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин, - Москва: Машиностроение, 2000. - 320с.
4. Определение фактической площади контакта деталей, соединяемых с натягом / Рыжов Э.В., Курносое Н.Е., Воячек И.И. – Вестник машиностроения.1984. №3.

Имитационная модель предпроектного расчета параметров технологического оборудования сборочного производства

к.т.н., доц. Ламин И.И., Абрамченко Н.В.
МГТУ «МАМИ»

В условиях современной экономики процедура заказа специализированного сборочного оборудования является ответственным и довольно рискованным мероприятием, от которого может зависеть не только экономическая эффективность проектируемого производства заказчика, но и репутация проектной организации (фирмы-изготовителя).

Как правило, процедуру заказа сборочного оборудования можно условно разделить на несколько этапов:

- Задание на проектирование и поставку сборочного оборудования.
- Техническое предложение станкостроительной фирмы.
- Выбор поставщика и согласование контракта на проектирование и поставку оборудования.
- Реализация проекта.
- Поставка оборудования и его обслуживание.

На первом этапе, разрабатываемом заказчиком, формулируются требования к качеству выпускаемой продукции, типу оборудования, его производительности и некоторым техническим характеристикам. Эти ограниченные сведения, полученные в форме экспертных оценок, и ложатся в основу задания на проектирование, что, в свою очередь, приводит к рис-

ку некорректного формулирования задания.

На основе задания на проектирование станкостроительная фирма разрабатывает стадию «Техническое предложение», в которой предлагает свой вариант сборочного оборудования с основными технико-экономическими характеристиками.

Как ни покажется парадоксальным, но после получения от проектной организации технического предложения для заказчика возникает дополнительная сложность по той причине, что предлагаемое решение может не являться оптимальным по техническим и экономическим параметрам.

Обоснованный выбор технического решения требует проведения подробного сравнительного анализа предлагаемых решений и разработки альтернативных вариантов, а это трудоёмкая и дорогостоящая работа, требующая высокой квалификации специалистов в области технологии сборки со знанием конъюнктуры и цен международного рынка.

Для решения проблем, возникающих при заказе сборочного оборудования, включая экономические составляющие, в МГТУ «МАМИ» на кафедре «Комплексная автоматизация машиностроения» разрабатывается оптимизационный метод предварительного проектирования.

Основная цель метода - получение основных технических и экономических параметров технологического процесса и специализированного сборочного оборудования без трудоёмкой и дорогостоящей процедуры проектирования вариантов процессов и компоновок оборудования.

Основой метода является имитационная модель, объединяющая основные технические и экономические параметры технологического процесса, оборудования и механосборочного производства с некоторой совокупностью исходных факторов, входящих в задание на проектирование.

Общая совокупность параметров технологического процесса, сборочного оборудования и исходных факторов, объединенных в имитационной модели, приведены на рис. 1.



Рис. 1. Структура имитационной модели предпроектного расчета параметров технологического процесса и сборочного оборудования.

Как видно на рис. 1, разработанная применительно к сборочному производству имитационная модель представляет сложную структуру функциональных модулей, объединенных разветвленной системой связей. В модели на пяти уровнях рассчитываются и оптимизи-

руются более двадцати параметров технологического процесса и сборочного оборудования. Для получения необходимой точности результатов расчетов в модели учитывается около трех десятков факторов, имеющих характер независимых и частично зависимых переменных. Оптимизация параметров проводится по двум критериям.

Задача метода заключается в установлении функциональной связи между входными параметрами, характеризующими конструкцию изделия и условия заказчика, и выходными параметрами, которыми являются основные показатели технологического процесса сборки. В этом случае задача сводится к нахождению системы функций, в которой параметры через функцию связаны с n -факторами.

Впервые для задач подобного типа в качестве математического аппарата имитационной модели в работе применен метод пошагового алгебраического интерполирования.

Суть пошагового интерполирования состоит в том, что искомый параметр вычисляется с помощью многочлена, являющегося функцией нескольких независимых переменных. Многочлен находится путём последовательного исследования влияния каждой независимой переменной на функцию. Таким образом, количество шагов, которые требуются для определения функции какого-либо искомого параметра, равно числу независимых переменных.

Допустим, имеются некоторые совокупности факторов $X_i (i=1, n)$ и параметров $Y_j (j=1, m)$, которые можно представить в виде многомерных векторов $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ и $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_m)$. Тогда задача сводится к отысканию вектор-функции $F = (F_1, F_2, \dots, F_m)$, у которой $Y = F(X)$, или, другими словами, к отысканию системы функций f_j , для каждой из которых $Y_j = f_j(X) (j=1, m)$.

Чтобы избежать громоздкой записи, введём для удобства новые обозначения, полагая, что $X_1 = x; X_2 = y; X_3 = \omega; Y_j = z$.

Итак, необходимо найти функцию $z = f(x, y, \omega)$ на основе значений факторов x, y, ω , представленных в двух матрицах (таблицы 1 и 2):

Исходные данные для определения функции трех переменных

Таблица 1

$\omega = \omega_1$		
	y1	y2
x1	Z111	Z121
x2	Z211	Z221

Таблица 2

$\omega = \omega_2$		
	y1	y2
x1	Z112	Z122
x2	Z212	Z222

Совокупность индексов при зависимой переменной z соответствует значениям независимых переменных x, y, ω . В частности, запись Z_{ijk} означает, что $Z = Z_{ijk}$ при $x = x_i, y = y_j, \omega = \omega_k$.

На первом шаге, применяя известные формулы линейной интерполяции, запишем четыре линейные функции (1):

$$Z(x_i, y_j, z_k) - A_{jk}x + B_{jk}, j=1, 2; k=1, 2, \quad (1)$$

где:

$$A_{jk} = \frac{Z_{2jk} - Z_{1jk}}{x_2 - x_1}; B_{jk} = Z_{1jk} - xA_{jk}. \quad (2)$$

Для этих функций справедливы равенства (3):

$$z(x_i, y_j, z_k) = z_{ijk}. \quad (3)$$

Далее будем считать, что коэффициенты A_{jk}, B_{jk} представляют собой значения некото-

рых переменных $A_k(y)$ и $B_k(y)$ при $y = y_j$ соответственно. Поэтому на втором шаге по формулам, аналогичным (1) и (2), можно записать ещё четыре линейные функции:

$$A_k(y) = P_k y + Q_k, B_k(y) = G_k y + H_k, A_k(y_i) = A_{jk}; B_k(y_i) = B_{jk} (j=1,2; k=1,2). \quad (4)$$

Теперь, исходя из формулы (1), зависимость $Z = Z(x, y, \omega_k)$ естественно искать в виде:

$$z = A_k(y)x + B_k(y). \quad (5)$$

Подставляя выражения (4) в (5), получим две формулы для $(k=1,2)$:

$$Z(x, y, \omega_k) = P_k xy + Q_k x + G_k y + H_k. \quad (6)$$

Далее опять считаем, что некоторые переменные $P(\omega)$, $Q(\omega)$, $G(\omega)$, $H(\omega)$ принимают значения P_k , Q_k , G_k , H_k соответственно при $\omega = \omega_k$. И на третьем шаге снова по формулам линейной интерполяции имеем:

$$P(\omega) = a_1 \omega + a_2, Q(\omega) = b_1 \omega + b_2, G(\omega) = c_1 \omega + c_2, H(\omega) = d_1 \omega + d_2. \quad (7)$$

Итоговая зависимость имеет вид:

$$Z(x, y, \omega) = a_1 xy \omega + a_2 xy + b_1 x + c_1 y \omega + c_2 y + d_1 \omega + d_2. \quad (8)$$

Общая формула для n переменных будет иметь вид:

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{m=0}^n A m_1 m_2 \dots m_n x_1^{m_1} x_2^{m_2} \dots x_n^{m_n}, (m_1 + m_2 + \dots + m_n = m). \quad (9)$$

Опуская большое количество промежуточных этапов исследований, здесь в качестве примера приводится обобщенная формула расчета затрат Z_r на сборку годового объема выпуска изделий.

Формула определяет зависимость затрат Z_r от трех факторов, в качестве которых используются значения коэффициентов технологичности конструкции сборочной единицы:

K_m - коэффициента массы,

$K_{авт}$ - коэффициента автоматизации,

$K_{чд}$ - коэффициента числа деталей.

Коэффициент K_m , зависит от массы изделия. На рис. 2 эта зависимость выглядит в виде ступенчатой линии.

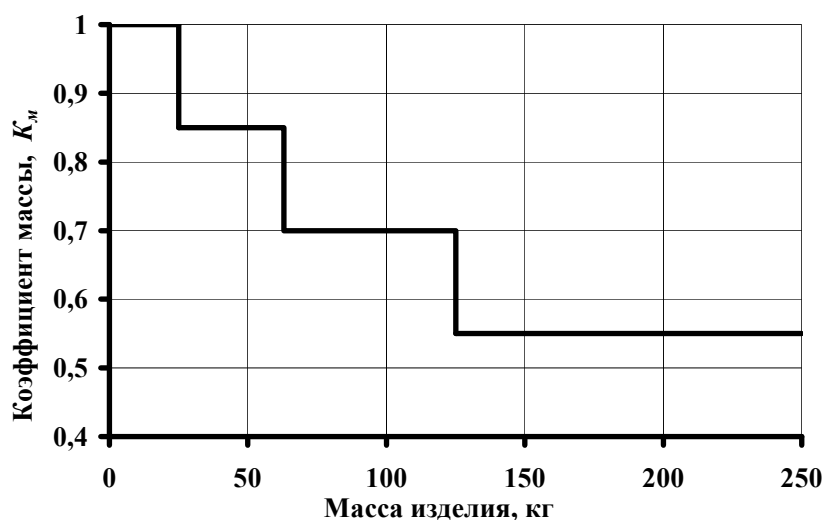


Рис. 2. Зависимость K_m от массы изделия.

Коэффициент автоматизации рассчитывается по формуле (10):

$$K_{авт} = 1 - \frac{t_{\phi_i}}{t_{\phi_p}}, \quad (10)$$

где: t_{ϕ_p} – трудоемкость «ручной» сборки изделия;

t_{ϕ_i} – трудоемкость сборки i -го варианта процесса.

Значения коэффициента $K_{чд}$ в зависимости от числа деталей и сборочных единиц в изделии можно определить по номограмме на рис. 3 или вычислить по формуле (11):

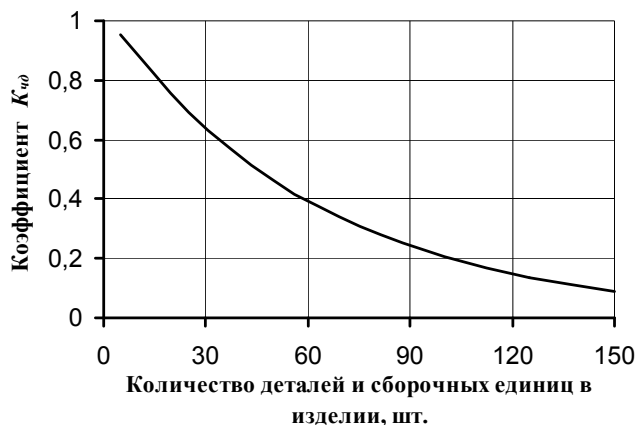


Рис. 3. Номограмма определения коэффициента числа деталей.

$$K_{чд} = 1,035 \cdot e^{-0,0162 \cdot n}. \quad (11)$$

Общий вид формулы расчета затрат на сборку годового объема выпуска изделий в зависимости от трех факторов имеет вид:

$$\begin{aligned} Z_c = & 1,243K_m K_{авт}^2 K_{чд} - 0,679K_m K_{авт}^2 - 1,241K_m K_{авт} K_{чд} - \\ & - 1,097K_{авт}^2 K_{чд} + 0,621K_m K_{авт} + 0,748K_{авт}^2 + 0,429K_m K_{чд} + \\ & + 1,272K_{авт} K_{чд} - 0,33K_m - 0,819K_{авт} - 0,745K_{чд} + 0,662 \end{aligned} \quad (12)$$

На рис. 4 приводятся графики зависимостей затрат на производство годового объема выпуска изделий от коэффициента автоматизации для нескольких значений коэффициентов числа деталей.

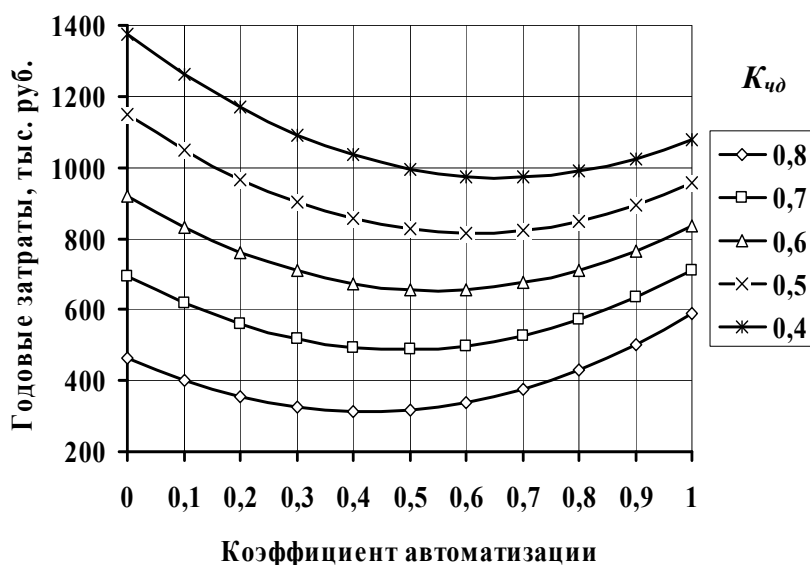


Рис. 4. Зависимость затрат на производство годового объема выпуска изделий от коэффициента автоматизации для нескольких значений коэффициента числа деталей.

Преимущества пошаговой интерполяции состоят в том, что этот метод:

- не ограничивает количество параметров и факторов, входящих в имитационную модель при условии, что они имеют числовое выражение;
- позволяет ранжировать факторы по степени их влияния на искомую функцию;
- позволяет обоснованно выбирать требуемую номенклатуру факторов по заданной точности расчётов;
- даёт возможность на каждом шаге вычислений применять различные функции, обеспечивающие большее приближение к описанию статистических данных;
- обладает возможностью оптимизации параметров;
- позволяет получить функцию при минимальном объёме статистической информации, обеспечивая требуемую точность результатов;
- позволяет эффективно исследовать функцию;
- требует меньшего количества операций, причём сами операции достаточно простые.

Эти преимущества делают пошаговое интерполирование достаточно универсальным и удобным средством создания имитационной модели предпроектного расчёта параметров сборочного технологического оборудования автомобильного производства.

Литература

1. Березин И.С., Жидков Н.П. Методы вычислений. Т.1, М., Гос. издат. физ.-мат. литературы, 1962.-464 с.
2. Ламин И.И. "Оптимизация параметров сборочного оборудования на основе имитационной модели автомобильного и тракторного производств". М., «Сборка в машиностроении, приборостроении», № 7, 2005 г.
3. Ламин И.И. "Исследование и расчёт параметров технологического процесса механосборочного производства". Методические указания к лабораторным работам и практическим занятиям. М., МГТУ - "МАМИ", 2006 г.
4. Ламин И.И. "Предпроектный расчёт и оптимизация параметров сборочных производственно-технологических комплексов автомобильного производства". Учебное пособие. М., МГТУ "МАМИ", 2007 г.
5. Ламин И.И. "Проектирование технологических процессов сборки изделий автотракторостроения". Учебное пособие. М., МГТУ "МАМИ", 2008 г.

Оптимизация структуры парка и параметров сборочного оборудования автомобильного производства

к.т.н., доц. Ламин И.И.
МГТУ «МАМИ»

Возможность реализации основных требований к автомобильному производству, а именно, к обеспечению качества продукции, заданной производительности, и получению максимального экономического эффекта, во многом определяется структурой парка и параметрами технологического оборудования.

Проведенный анализ параметров сборочного оборудования в автостроении свидетельствует об их значительном несоответствии условиям производства. Наиболее часто отмечается неправильный выбор типов оборудования, уровня автоматизации, концентрации операций и т.д. В результате большинство сборочных технологических процессов не обеспечивают получение реально возможного экономического эффекта. Учитывая, что доля капитальных затрат автомобильных заводов на технологическое оборудование весьма существенна, становится очевидной важность проблемы оптимизации его параметров.

Параметры сборочного оборудования определяются уже при его заказе, при подготовке задания на проектирование и поставку, и именно здесь часто принимаются необоснованные решения.

Задание на проектирование оборудования – это документ, в котором требуется заказ-