

чении  $T$ . Неустойчивость состояния  $N=K$  подтверждается спектром.

Вторая серия численного эксперимента связана с изменением амплитуды колебаний биотического потенциала при отсутствии запаздывания. ( $T=0$ ). В данном случае вне зависимости от  $A$ , в итоге получаются периодические колебания. Незначительное отличие состоит только в поведении системы до выхода на предельные циклы.

Наиболее интересные результаты даёт комбинирование предыдущих двух серий. Примером может служить бипериодическое движение (его бипериодичность подтверждает спектр), получить которое невозможно в рамках первых двух серий, или биения.

Но в любом случае, в рамках данной модифицированной модели мы можем получить только квазипериодические движения, так как фактически у нас два источника возникновения периодичности: запаздывание и изменение биотического потенциала. Кроме того, необходимо учитывать, что первый источник порождает нестабильные (затухающие или нарастающие) колебания, а второй стабильные. Следовательно при малых  $rT$  (строго говоря, при любом  $rT < \pi/2$ ) произойдет исчезновение первого источника и достаточно продолжительное наблюдение даст результаты, аналогичные результатам второй серии, при больших  $rT$  постоянные колебания второго источника будут поглощены.

### ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СБОРОЧНО-СВАРОЧНЫХ РОБОТОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Воробьев К.И., Тихомиров В.Г.

В настоящее время в России растет актуальность проблемы исследования работы сборочно-сварочных робототехнологических систем при их проектировании. Это связано с ужесточением условий конкурентной торговли на внутреннем рынке, обусловленным импортом высоких технологий, капитала и, как следствие, развитием высокорентабельных производств современных товаров. Покупатели предъявляют все более высокие требования к качеству, номенклатуре, цене высокотехнологичных товаров и таким образом формируют потолок цен на каждый вид продукции, определяют емкость рынка. Поэтому необходимо обеспечить разработку гибких производственных систем, которые способны обеспечить рынок широким спектром выпускаемой продукции, оперативно реагировать на изменения в потребительских предпочтениях, при обеспечении снижения затрат на строительство и оснащение производственного комплекса.

При этом цена ошибки на данной стадии подготовки производства исключительно высока. Если на этой стадии основные проектно-технологические параметры комплекса сварки будут определены неправильно, то это отразится сначала в неправильной конструкции производственно-технологического оборудования, а затем в изготовленном и смонтированном в цехе оборудовании. Несоответствие же параметров работы комплекса выявится только на этапе запуска и ввода его в эксплуатацию, после чего придется про-

водить мероприятия по модернизации действующего оборудования и выводу комплекса на проектную мощность. Это на порядки дороже, чем определить правильные проектно-технологические параметры производственной системы на ранних стадиях ее проектирования, и здесь же найти надежный способ подтвердить правильность сделанного выбора.

В процессе проектирования подобных робототехнологических систем необходимо определить требования к отдельным группам оборудования (производительность роботов, такты сборочно-сварочных линий, размеры промежуточных накопителей, параметры транспортных систем) и объединить их в единый производственный комплекс.

Существует множество способов решения этих вопросов: проверенные временем методики аналитических расчетов, создание математических моделей, использование мирового опыта аналогичных производств, экспертные оценки. Однако в настоящее время наиболее эффективным инструментом для решения подобного рода задач является компьютерное имитационное моделирование.

Имитационное моделирование позволяет учитывать сложность проектируемых производственных систем и обеспечивает простоту разработки модели, удобство использования и очевидность результатов. Оно способно учесть стохастичность ее параметров.

Необходимо отметить, что в сборочно-сварочных робототехнологических системах существуют довольно тесные связи между промышленными роботами, вспомогательным оборудованием, транспортными средствами и другими компонентами. Поэтому любое отступление от нормальной работы одной составляющей распространяется и на другие. Имитационное моделирование позволяет выявить подобные узкие места еще на стадии проектирования и устранить их.

В ходе имитационного моделирования можно варьировать запуски деталей различных наименований, изучать складывающиеся материальные потоки при использовании различных транспортных средств, определять причины образования очередей у различного оборудования, изучать влияние объема накопителей на производительность комплекса, последствия отказов и времени восстановления оборудования.

Рассматриваемая методика исследования была использована при проектировании комплекса сборки-сварки кузовов автомобиля ВАЗ-1118 «Калина» на ОАО «АвтоВАЗ».

Проведенное моделирование позволило сократить проектные размеры накопителей деталей, в общем, на 5%, по отдельным позициям – на 30-75%. Увеличение тактов отдельных автоматических линий сварки увеличило срок эксплуатации и позволило применить менее дорогие роботы.

Имитационное моделирование позволило визуально определить особенности работы комплекса и выявить узкие места, спрогнозировать производительность комплекса, оптимизировать параметры комплекса для достижения конкретной мощности производства, минимизировать капитальные затраты, уменьшить объемы незавершенного производства и затраты, связанные с эксплуатацией оборудования

(как следствие оптимизации структуры и управления комплексом).

Основным преимуществом использования имитационного моделирования при исследовании сборочно-сварочных производственных систем является возможность определения характеристик сложных систем, выявления просчетов еще на стадии проектирования, не прибегая к проверкам на реально спроектированном, изготовленном и уже оплаченном оборудовании. Результаты имитационного моделирования позволяют находить наиболее рациональные структурные решения производственного комплекса и решения, связанные с организацией управления.

Получаемые производственно-технологические характеристики сборочно-сварочного комплекса могут использоваться при составлении технических заданий производителям технологического оборудования.

### ДИАГНОСТИКА ЖЕЛЕЗОДЕФИЦИТНОЙ АНЕМИИ ПРИ ПОМОЩИ Q-ТЕХНИКИ

Гольяпин В.В., Мосур Е.Ю., Пахоменко А.Г.,  
Потуданская М.Г., Семиколенова Н.А.  
*Омский государственный университет*

Исследование проводилось на группе из 189 индивидуумов женского пола. Для каждого из индивидуумов был определен набор гематологических параметров: количество гемоглобина, СОЭ, количество лейкоцитов, лейкоцитарная формула. Оригинальным методом одновременного определения производных гемоглобина в цельной крови с помощью оригинальной компьютерной программы NemoSpectr [1] определяли процентное содержание в крови оксигемоглобина, как карбоксигемоглобина и метгемоглобина.

Индивидуумы были предварительно разделены на два класса: с признаками заболевания анемией и практически здоровые. Для каждой группы вычислялись средние значения параметров и их дисперсии. При анализе было выявлено, что интервалы значений параметров для этих групп у большинства параметров являются перекрывающимися.

Для проведения анализа посредством Q – техники все индивидуумы были объединены в одну группу, которая и была проанализирована по следующей схеме [2]:

1. Формируется матрица исходных данных  $Y$  типа таблицы объект-свойство размерности  $m \times n$ , где  $m$  – количество параметров,  $n$  – количество индивидуумов.

2. Путем элементарного преобразования получаем из матрицы  $Y$  матрицу стандартизованных данных  $Z$  размерности  $m \times n$ .

3. Вычисляем корреляционную матрицу  $R$  размерности  $n \times n$  через матрицу  $Z$ .

$$R = \frac{1}{n-1} Z Z^T \quad (1)$$

4. Находим матрицу собственных значений  $\lambda$  и матрицу собственных векторов  $U$  корреляционной матрицы  $R$  прямым и итерационным методами вращения.

5. Методом главных компонент с использованием, полученных выше матрицы собственных значений и матрицы собственных векторов, получаем первичную матрицу факторного отображения  $A$  размерности  $n \times n$  [4]:

$$A = U \cdot \Lambda^{1/2}, \quad (2)$$

6. На этом шаге подвергаем матрицу  $A$  вращению, используя варимакс критерий [5]:

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{p=1}^r \sum_{j=1}^n a_{jp}^4 - \frac{1}{n^2} \sum_{p=1}^r \left( \sum_{j=1}^n a_{jp}^2 \right)^2 \rightarrow \max, \quad (3)$$

где  $a_{jp}$  – элементы матрицы  $A$ ,  $r$  – количество факторов (в Q-технике классов).

В результате вращения получаем простую факторную структуру.

7. Оставляем те факторы, для которых собственное значение строго меньше 0.05.

8. Проводим классификацию по следующему принципу: индивидуум принадлежит к тому фактору (классу), значения нагрузок которого больше, чем у других факторов.

В результате анализа было выявлено три группы индивидуумов: первая группа – индивидуумы являющиеся практически здоровыми с точки зрения гематологических заболеваний; вторая группа – лица с выраженной железодефицитной анемией; третья группа – лица с критическим состоянием, в эту группу были помещены индивидуумы с количеством гемоглобина менее 70 г/л.

Для оценки диагностической объективности теста использовались характеристики: прогностичность положительного результата, прогностичность отрицательного результата, чувствительность и специфичность. Прогностичность положительного результата:

$$PVP = A / (A + B),$$

где  $A$  – количество истинно положительных результатов,  $B$  – количество ложноположительных результатов.

Прогностичность отрицательного результата:

$$PVN = D / (C + D),$$

где  $C$  – количество ложноотрицательных результатов,  $D$  – количество истинно отрицательных результатов.

Чувствительность определяется как доля больных, которые выявлены применяя изучаемый метод:

$$Se = A / (A + C),$$

Специфичность – частота отсутствия симптома у здоровых людей:

$$Sp = D / (D + B).$$

В результате применения метода получена чувствительность 95%, специфичность – 90%.

Предлагаемая оценка существенно отличается от одномерных диагностических методов тем, что позволяет проводить диагностику для индивидуумов, параметры которых лежат в пограничной области, области предпатологии. Отнесение индивидуума в класс лиц с железодефицитной анемией свидетельствует о развитии патологического состояния даже в том случае, когда количества гемоглобина не перешло через границу минимума.