

УДК 677.025 : 658.5

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КАК ОБЪЕКТ ОПТИМИЗАЦИИ

Науменко А.А., доц.,  
УО «Витебский государственный технологический университет»,  
г. Витебск, Республика Беларусь

Технологическая система (ТС) согласно стандарту [1] – совокупность функционально взаимосвязанных предметов труда, средств технологического оснащения и исполнителей, реализующих в регламентированных условиях производство продуктов и услуг с заданными свойствами. Такие системы являются основой организации и функционирования производительных сил в любом производстве. Поэтому оптимизационный синтез ТС необходимо рассматривать как важнейший инструмент их организации.

Понятие оптимальности и процесса оптимизации – важнейшее, связанное с широким классом одноименных задач. Оптимизация связана с действием, принятием решений, выбором, оценкой и проектированием

Состояние оптимальности всякой системы, процесса (деятельности) всегда носит относительный, точнее сказать, временный характер. То, что в данный промежуток времени и для данной ситуации может оцениваться как оптимальное, уже через какое-то время, вследствие воздействия различных факторов и условий, перестанет быть таковым. Другими словами, состояние оптимума нуждается постоянно в поддержке посредством корректировки самых разных составляющих воздействия на систему, ее состояние. Достижение оптимума, тем самым, не может рассматриваться как достижение конечной цели. Оптимизацию можно рассматривать как выбор пути через лабиринт. При этом такой путь должен быть самым коротким, безопасным, дешевым и наиболее выгодным.

Критерии оптимальности, на основе которых строится система, могут быть различны и зависят от специфики решаемой задачи. Это могут быть простота, экономичность, надежность. В [2] показано, что таким критерием может быть устойчивость. Теория оптимальных систем позволяет оценить тот предел, который может быть достигнут в оптимальной системе, сравнить ее с показателями действующей не оптимальной системы и выяснить, целесообразно ли в рассматриваемом случае заниматься разработкой оптимальной системы.

В динамике технологических систем в трикотажном производстве на стадии вязания (которое выбрано в проведенной работе в качестве области исследований) выделим следующую принципиальную особенность: после одновременного запуска в работу в момент времени  $t_0$   $N$  единиц технологического оборудования количество работающего оборудования  $X$ , несмотря на активные действия обслуживающего персонала, самопроизвольно изменяется во времени, в соответствии с неравенством  $X \leq N$ . Особо подчеркнем, что  $X = N$  не только в момент  $t_0$ . На отдельных интервалах времени и после этого момента равенство  $X = N$  между установленным и работающим оборудованием также может выполняться. Однако состояние  $X = N$ , возникающее после момента  $t_0$  – это как бы восстановленное начальное, из которого она вновь стремится перейти в состояние  $X < N$ . Уход системы на уровень, отличный от начального, может рассматриваться как свидетельство того, что начальное ее состояние, возникающее в момент времени  $t_0$  и отличающееся тем, что все  $N$  входящих в нее вязальных машин находятся в работе, не является устойчивым. Существует состояние, не совпадающее с начальным, к которому система постоянно стремится, достигая его (по меньшей мере, в среднем) через конечный интервал времени. Т.к. состояние при  $X = N$  достижимо и после момента  $t_0$ , то его следует рассматривать не только как начальное, но как желаемое, хотя и неустойчивое состояние, к достижению и поддержанию которого направлены все действия обслуживающего персонала. Следовательно, имеются принципиальные предпосылки использования модели с двумя состояниями равновесия для описания систем рассматриваемого вида: неустойчивого и устойчивого. Такой процесс в технологической системе, когда она из неустойчивого начального состояния переходит в некоторое конечное, как более устойчивое, назовем переходным. Идея такого переходного процесса, вследствие которого ТС находится в состоянии непрерывной перестройки, представлена схемой на рис. 1.

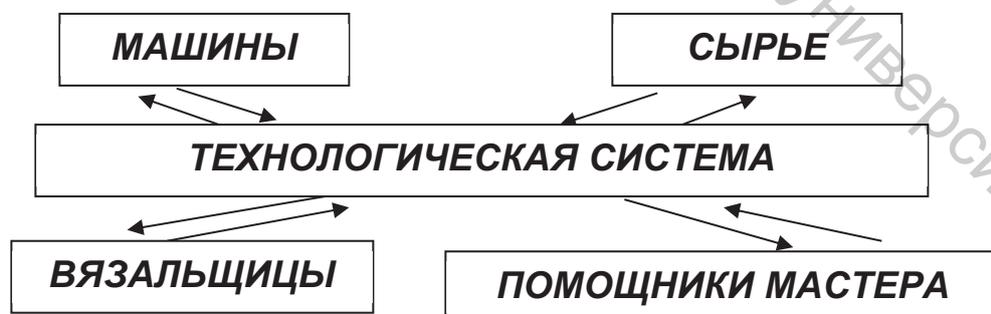


Рисунок 1 - Схема распределения и движения ресурсов в технологической системе в переходном процессе: стрелки на схеме указывают возможные направления движения ресурсов в процессе формирования ТС

Схема отображает распределение и движение в технологической системе ресурсов трех видов. Резервные ресурсы каждого из трех видов отображены на схеме одноименными секторами периферической

области вокруг ядра. В переходном процессе, связанном с заменой равенства  $X(t) = N$  неравенств  $X(t) \neq N$ , может происходить двухсторонний обмен ресурсами между резервами и ядром. При этом изменения параметров  $X(t)$  и  $Y(t)$  в переходном процессе могут происходить как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения. При определенном соотношении между численностью работающего оборудования  $X(t)$  и численностью  $Y(t)$  работников, вовлеченных в производственный процесс, скорости их изменения  $dX(t)/dt$  и  $dY(t)/dt$  станут равными нулю, и в системе установится равновесие. Практика свидетельствует о том, что это состояние более устойчиво, чем исходное, в котором справедливо равенство  $X(t) = N = Const$ , означающее, что все первоначально установленное оборудование оказывается работающим и численно не изменяющимся. В проведенной работе установлено, что в качестве математической модели технологической системы можно рассматривать следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} dX/dt &= -k_1X + k_2Y/X + k_3Z/X \\ dY/dt &= -k_4Y - k_5Y/X + k_6Z/X \\ dB/dt &= gX, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $B$  – производительность ТС,  $g$  – теоретическая производительность оборудования.

Эта система отражает взаимодействие работников, машин и исходных материалов (сырья), как составляющих любого производственного процесса. Постоянные коэффициенты модели  $k_1...k_6$  имеют достаточно четкую технологическую интерпретацию, представленную таблицей 1.

Таблица 1 – Технологическая интерпретация коэффициентов  $k_1...k_6$  математической модели (1)

N п/п	Наименование фактора, влияющего на скорость изменения численности вязальных машин, вязальщиц и поммастеров, вовлекаемых в производственный процесс	Обозначение коэффициента
1	Численность и техническая надежность машин	$k_1$
2	Уровень физических, организационно-технологических и профессиональных возможностей вязальщиц	$k_2$
3	Уровень физических, организационно-технологических и профессиональных возможностей поммастера	$k_3$
4	Численность вязальщиц, вовлеченных в производственный процесс	$k_4$
5	Уровень физических, организационно-технологических и профессиональных возможностей вязальщиц	$k_5$
6	Уровень физических, организационно-технологических и профессиональных возможностей поммастера	$k_6$

Принимая во внимание реальные условия работы технологических систем, эти коэффициенты в общем случае следует рассматривать как случайные величины с определенными математическими ожиданиями и дисперсиями. В работе [2] представлена методика расчета этих коэффициентов. С учетом лишь математических ожиданий коэффициентов модели системы переход ее из неустойчивого начального состояния в устойчивое конечное представляется, как имеющий высокую вероятность переход ТС из состояния  $X = N$  в состояние  $X \neq N$ . Однако наличие дисперсий делает понятной и возможность обратного перехода от  $X \neq N$  к  $X = N$ . Тем не менее, как показано выше, состояние при равенстве  $X = N$  не является устойчивым. Поэтому переход технологической системы в это состояние будет всегда временным, и в среднем будет наблюдаться переход в состояние  $X \neq N$ , как более устойчивое.

Общий анализ особенностей системы уравнений (1), позволяет предположить, что изменение численности работающего оборудования  $X$  и соответствующее изменение численности вязальщиц  $Y$ , при фиксированной численности поммастеров  $Z$ , приведет, в конечном итоге, к тому, что значения величин  $dX/dt$  и  $dY/dt$ , т.е. скорости их изменения, определяемые соотношениями (1), станут равными нулю, и изменение параметров  $X$  и  $Y$  технологической системы прекратится. В системе установится равновесие. Фазовый портрет ТС, моделируемой системой (1), представлен на рис. 2.

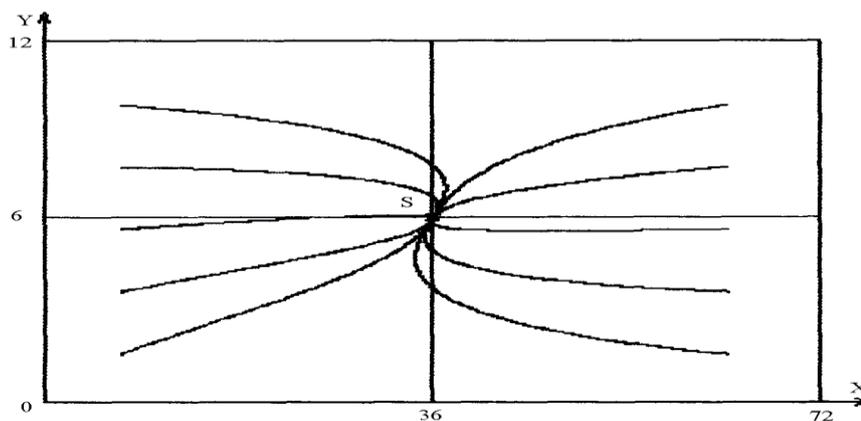


Рисунок 2 - Фазовый портрет технологической системы в чулочном производстве в виде семейства фазовых траекторий, направленных от начальных точек к стационарной точке S, координаты которой соответствуют устойчивому состоянию системы

Он показывает, что фазовые траектории из различных областей фазовой плоскости X, Y, определяемых начальными условиями, сходятся к точке S, координаты которой определяются характеристиками ТС. Вид и направление фазовых кривых, а также характер их приближения к точке S позволяют заключить, что данная стационарная точка относится к типу, называемому ассимптотически устойчивым узлом. Таким образом, при любых начальных значениях параметров X и Y технологическая система, моделируемая уравнениями (1) при заданных значениях коэффициентов  $k_1... k_6$ , стремится перейти в состояние со значениями этих параметров, равными  $X_S, Y_S$ , определяющими положение стационарной точки. Следовательно, существование среди множества возможных состояний технологической системы устойчивого стационарного состояния, а также его достижимость получают подтверждение, по меньшей мере, на уровне математического моделирования. Именно его и есть основания рассматривать как оптимальное.

Список использованных источников

1. ГОСТ 27.004–85. Надежность в технике. Системы технологические. Термины и определения. – Введен 31.01.1985. – Москва : Государственный комитет по стандартам. – 14 с.
2. Науменко, А. А. Устойчивость технологических систем в трикотажном производстве / А. А. Науменко. – Витебск: ВГТУ, 2007. – 178 с.

УДК 677.075: 004

### МЕТОД АНАЛИЗА СТРУКТУРЫ ТРИКОТАЖА

*Пинская Ю.М., студ. (под руководством к.т.н., доц. Чарковского А.В.),  
УО «Витебский государственный технологический университет»,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

Анализ выполняется с целью установления вида переплетения и возможного способа получения анализируемого трикотажа на вязальных машинах.

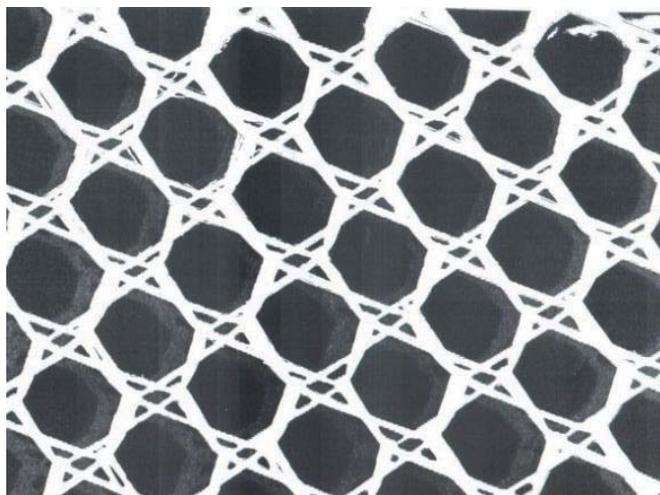
Последовательность выполнения анализа следующая:

- подготовка образца к анализу;
- визуальный анализ образца;
- составление графической, а для основовязального трикотажа и цифровой записи работы гребенок основовязальной машины.

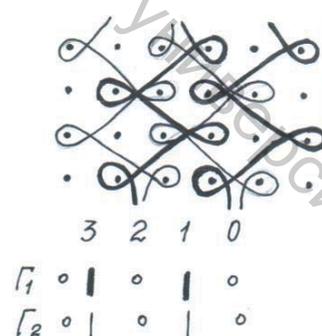
Образец вырезают из полотна или изделия, очищают краевые петельные ряды от остатков элементов петельной структуры, попавших в разрез. Визуальный анализ выполняется с помощью комплекса содержащего бинокулярный микроскоп, электронный видеоокуляр и персональный компьютер.

Подготовка комплекса к работе и получение визуальных изображений образцов трикотажа включает установку видеоокуляра в одну из окулярных трубок микроскопа МБС-9, обеспечение взаимосвязи микроскопа с компьютером, установку компакт-диска с программным обеспечением процедуры получения, хранения, и обработки визуального изображения. Анализируемый образец трикотажа устанавливается на предметный столик микроскопа, производится настройка микроскопа для получения качественного визуального изображения трикотажа.

Используя визуальные изображения структур (рисунок 1а, рисунок 2 и рисунок 3а), выполняются графические и аналитические записи трикотажа основовязанных переплетений (рисунки 1б, 3б).



а



1 гребенка	2 гребенка
2-3-2	1-0-1
1-0-1	2-3-2
2-3-2	1-0-1

б