

УДК 681.0.002

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ХЛОПКОТКАЦКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Кочеткова О.В., Эпов А.А., Ломкова Е.Н., Казначеева А.А.

*Камышинский технологический институт (филиал) Волгоградского  
государственного технического университета, Камышин*

Подробная информация об авторах размещена на сайте

«Учёные России» - <http://www.famous-scientists.ru>

**Приведены математические модели функционирования станочного оборудования хлопкоткачества. Разработаны алгоритмы моделирования технико-технологических подсистем, описывающих основные технологические переходы для различных групп станков. В результате синтеза моделей подсистем получена целостная вероятностная имитационная модель функционирования станочного участка.**

Хлопкоткацким производством называют совокупность механических технологических процессов, обеспечивающих подготовку пряжи из хлопкового волокна к ткачеству и формирование текстильного изделия (ткани) на ткацком станке путем переплетения двух взаимно перпендикулярных систем нитей: основных, идущих вдоль ткани, и уточных, идущих поперек нее. Большое значение в ткацком производстве имеет выбор для каждой ткани соответствующих заправочных параметров. Эти параметры устанавливают в зависимости от строения ткани и конструкции станка. Для контроля параметров применяют различные шаблоны и приборы [2].

Подготовка основной и уточной пряжи к ткачеству осуществляется раздельно. Основную пряжу в початках перематывают на мотальных машинах с прядильных на мотальные паковки, удобные для следующего процесса – снования. При обработке пряжи на сновальных машинах на паковку – сновальный вал навивается определенное количество нитей установленной длины. Затем основную пряжу подвергают шлихтованию на шлихтовальных машинах. В процессе шлихтования пряжу пропитывают специальным клеящим составом, называемым шлихтой, в результате чего нити основы становятся более прочными, гладкими и стойкими к истирающим воздействиям. Одновременно при шлихтовании нити с нескольких сно-

вальных валов объединяют и навивают на ткацкий навой. Отшлихтованная основная пряжа в ткацких навоях поступает в проборный отдел, где часть основ проборают на специальных проборных станках в ламели, глазки галев ремизок и между зубьями берда. Большая часть основ привязывается на узловязальных машинах.

Подготовка уточной пряжи, поступающей на ткацкие станки, заключается в ее перематывании на уточно-мотальных автоматах, увлажнении или эмульсировании в специальных аппаратах. Полученные после перематывания початки имеют более плотную намотку.

Из основной и уточной пряжи, подготовленных соответствующим образом к ткачеству, на ткацком станке вырабатывается суровая ткань, поступающая затем на учетно-контрольные операции, где ее взвешивают, разбраковывают, промеряют, чистят, маркируют и упаковывают с использованием станочного оборудования трех видов: стригальной, стригально-чистильной и браковочно-мерильной машин.

Как следует из вышеизложенного, ткацкое производство представляет собой сложную систему. Возможности моделирования таких систем обусловлены рядом принципов, основными из которых являются декомпозиция и иерархичность описания объектов [1]. На основе этих принципов целостный процесс функциониро-

вания технологической линии ткацкого производства представляется возможным декомпозировать на уровне структурных элементов на ряд взаимосвязанных технико-технологических подсистем (ТПП) хлопкоткачества: «Подготовка основной пряжи –  $T_1$ », «Подготовка уточной пряжи

–  $T_2$ », «Выработка суровой ткани –  $T_3$ », «Учетно-контрольные операции –  $T_4$ » (табл. 1). Каждая подсистема при этом соответствует технологическим процессам, выполняемым определенным оборудованием механизированной линии.

**Таблица 1.** Техничко-технологические подсистемы ткачества

Подсистема (ТПП)	Код	Оборудование	Обозначение
1. Подготовка основной пряжи	$T_1$		
1.1. Перематывание пряжи	$T_{1.1}$	Мотальная машина	ММ
1.2. Снование нитей	$T_{1.2}$	Сновальная машина	СМ
1.3. Упрочнение основной пряжи	$T_{1.3}$	Шлихтовальная машина	ШМ
1.4. Проборка основ нитей	$T_{1.4}$	Проборный станок	ПС
1.5. Привязывание основ нитей	$T_{1.5}$	Узловязальная машина	УМ
2. Подготовка уточной пряжи	$T_2$		
2.1. Перематывание пряжи	$T_{2.1}$	Уточно-мотальный автомат	УМА
2.2. Увлажнение пряжи	$T_{2.2}$	Аппарат для увлажнения	АУ
3. Выработка суровой ткани	$T_3$	Ткацкий станок	ТС
4. Учетно-контрольные операции	$T_4$	Стригальная машина	СТМ
		Стригально-чистильная машина	СЧМ
		Браковочно-мерильная машина	БММ

Дальнейшая декомпозиция технико-технологических подсистем позволяет выделить подсистемы низшего уровня ( $T_{1.1}$ ,  $T_{1.2}$ ,  $T_{1.3}$ ,  $T_{1.4}$ ,  $T_{1.5}$ ,  $T_{2.1}$ ,  $T_{2.2}$ ), а также наиболее важные технологические операции для различных станков, выполняющих заданные функции в рамках этих подсистем [5]. Формально процесс функционирования оборудования механизированной линии можно представить в виде последовательно связанных графов. Вершины графов при этом принимают за технологические состояния станочного оборудования (табл. 2). Дуги и стрелки при таком подходе будут отражать направленность выполнения операций и их взаимосвязь (см. табл. 3).

На основании графов технологических состояний станочного оборудования разработаны математические модели и алгоритмы моделирования технико-технологических подсистем ткачества (табл. 3). Экспериментальной основой соз-

дания моделей послужило исследование статистических закономерностей распределения случайных величин протекания основных и вспомогательных процессов, наработки на отказ, времени ликвидации технологических и технических отказов для различных видов и типов станочного оборудования [3, 4].

Синтез математических моделей подсистем позволил получить обобщенную модель функционирования технологической линии в виде системы логических уравнений, описывающих условия перехода одной технико-технологической подсистемы в другую. При этом учитывается, что подсистема  $T_1$  включает подсистемы низшего уровня  $T_{1.1}$ ,  $T_{1.2}$ ,  $T_{1.3}$ ,  $T_{1.4}$ ,  $T_{1.5}$ , а подсистемы  $T_2$  – соответственно подсистемы  $T_{2.1}$ ,  $T_{2.2}$ . Таким образом, математическая модель функционирования технологической линии хлопкоткачества примет следующий вид:

**Таблица 2.** Кодирование технологических состояний оборудования ткацкого производства

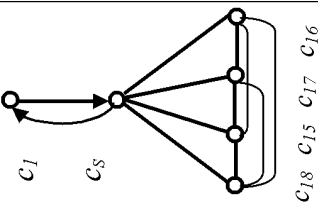
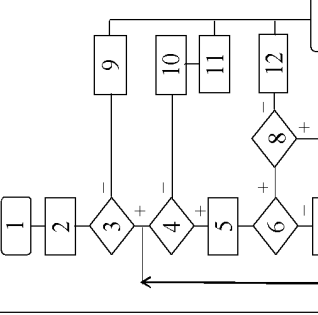
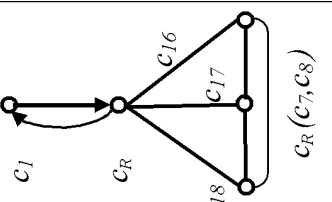
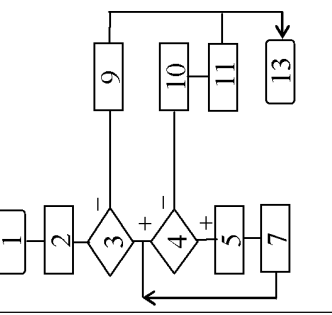
Технологическое состояние	Код	Оборудование
Подготовительно-заключительная операция	C <sub>1</sub>	ММ, СМ, ШМ, ПС, УМ, УМА, АУ, ТС, СТМ, СЧМ, БММ
Перематывание основной пряжи	C <sub>2</sub>	ММ
Снование нитей	C <sub>3</sub>	СМ
Упрочнение (шлихтование) пряжи	C <sub>4</sub>	ШМ
Проборка нитей	C <sub>5</sub>	ПС
Привязывание нитей	C <sub>6</sub>	УМ
Перематывание уточной пряжи	C <sub>7</sub>	УМА
Увлажнение (эмульсирование) уточной пряжи	C <sub>8</sub>	АУ
Выработка суровой ткани	C <sub>9</sub>	ТС
Контрольная операция	C <sub>10</sub>	Шаблоны и приборы
Взвешивание ткани	C <sub>11</sub>	Весы
Разбраковывание ткани	C <sub>12</sub>	БММ
Промерка ткани	C <sub>13</sub>	БММ
Чистка и маркировка ткани	C <sub>14</sub>	СТМ, СЧМ
Вспомогательные технологические операции	C <sub>15</sub>	ММ, СМ, ШМ, ПС, УМ, УМА, ТС, СТМ, СЧМ
Отказ по техническим причинам	C <sub>16</sub>	ММ, СМ, ШМ, ПС, УМ, УМА, АУ, ТС, СТМ, СЧМ, БММ
Отказ по технологическим причинам	C <sub>17</sub>	ММ, СМ, ТС, УМА
Простой оборудования из-за отсутствия фронта работ	C <sub>18</sub>	ММ, СМ, ШМ, ПС, УМ, УМА, АУ, ТС, СТМ, СЧМ, БММ

$$T(t+\Delta t) = \begin{cases} T_1(T_{1.1}), \text{ если } (T(t)=T_{1.1}) \cap (N_{осн. пер}(t) < N_{осн. пер}); \\ T_1(T_{1.2}), \text{ если } (T(t)=T_{1.2}) \cap (N_{осн. сн}(t) < N_{осн. сн}) \cup (T(t)=T_{1.1}) \cap (N_{осн. пер}(t) \geq N_{осн. пер}); \\ T_1(T_{1.3}), \text{ если } (T(t)=T_{1.3}) \cap (N_{осн. ул}(t) < N_{осн. ул}) \cup (T(t)=T_{2.1}) \cap (N_{осн. сн}(t) \geq N_{осн. сн}); \\ T_1(T_{1.4}), \text{ если } (T(t)=T_{1.4}) \cap (N_{осн. пр}(t) < N_{осн. пр}) \cup (T(t)=T_{1.3}) \cap (N_{осн. ул}(t) \geq N_{осн. ул}); \\ T_1(T_{1.5}), \text{ если } (T(t)=T_{1.5}) \cap (N_{осн. нв}(t) < N_{осн. нв}) \cup (T(t)=T_{1.4}) \cap (N_{осн. пр}(t) \geq N_{осн. пр}); \\ T_2(T_{2.1}), \text{ если } (T(t)=T_{2.1}) \cap (N_{ум. пер}(t) < N_{ум. пер}); \\ T_2(T_{2.2}), \text{ если } (T(t)=T_{2.2}) \cap (N_{ум. ув}(t) < N_{ум. ув}) \cup (T(t)=T_{2.1}) \cap (N_{ум. пер}(t) \geq N_{ум. пер}); \\ T_3, \text{ если } (T(t)=T_3) \cap (N_{смк}(t) < N_{смк}) \cup (T(t)=T_{5.1}) \cap (N_{осн. нв}(t) \geq N_{осн. нв}) \cup (T(t)=T_{2.2}) \cap (N_{ум. ув}(t) \geq N_{ум. ув}); \\ T_4, \text{ если } (T(t)=T_4) \cap (N_{уко}(t) < N_{уко}) \cup (T(t)=T_3) \cap (N_{смк}(t) \geq N_{смк}). \end{cases}$$

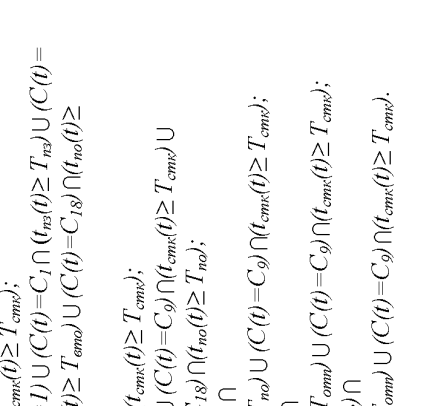
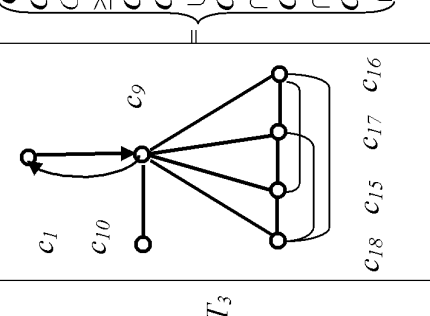
где  $N_{осн. пер}(t)$ ,  $N_{осн. сн}(t)$ ,  $N_{осн. ул}(t)$ ,  $N_{осн. пр}(t)$ ,  $N_{осн. нв}(t)$ ;  $N_{ум. пер}(t)$  и  $N_{ум. ув}(t)$ ;  $N_{смк}(t)$  и  $N_{уко}(t)$  – случайные функции соответственно количества: основной пряжи в результате перематывания, снования, упрочнения, проборки, привязывания нитей; уточной пряжи после перемотки и увлажнения; суровой ткани после выработки и учетно-

контрольных операций;  $N_{осн. пер}$ ,  $N_{осн. сн}$ ,  $N_{осн. ул}$ ,  $N_{осн. пр}$ ,  $N_{осн. нв}$ ;  $N_{ум. пер}$  и  $N_{ум. ув}$ ;  $N_{смк}$  и  $N_{уко}$  – необходимое количество: основной пряжи в результате перематывания, снования, упрочнения, проборки, привязывания нитей; уточной пряжи после перемотки и увлажнения; суровой ткани после выработки и учетно-контрольных операций.

Таблица 3. Модели и алгоритмы моделирования технико-технологических подсистем (ТПП)

III	Граф технологического состояния оборудования	Математическая модель: $C(t+\Delta t) =$	Алгоритм моделирования *
1	 <p><math>T_1</math></p> <p><math>C_1</math> <math>C_S</math> <math>C_{18}</math> <math>C_{15}</math> <math>C_{17}</math> <math>C_{16}</math>  <math>C_2, C_3, C_4, C_5, C_6</math></p>	<p>3</p> <p> <math>C_1</math>, если <math>(C(t) = C_1) \wedge (t_{ns}(t) &lt; T_{ns}) \wedge (\beta(t) = 0) \wedge (\alpha(t) = I) \cup (C(t) = C_S) \wedge (t_{ocnt}(t) \geq T_{ocnt})</math>;  <math>C_2</math>, если <math>(C(t) = C_S) \wedge (t_{ocnt}(t) &lt; T_{ocnt}) \wedge (N_{ocnt}(t) &lt; N_{ocnt}) \wedge (\beta(t) = I) \wedge (\alpha(t) = I) \cup (C(t) = C_1) \wedge (t_{ns}(t) \geq T_{ns}) \cup (C(t) = C_{16}) \wedge (t_{omnt}(t) \geq T_{omnt}) \cup (C(t) = C_{17}) \wedge (t_{omnt}(t) \geq T_{omnt}) \cup (C(t) = C_{13s}) \wedge (t_{emo}(t) \geq T_{emo}) \cup (C(t) = C_{18}) \wedge (t_{no}(t) \geq T_{no})</math>;  <math>C_{16}</math>, если <math>(C(t) = C_{16}) \wedge (t_{omnt}(t) &lt; T_{omnt}) \wedge (\alpha(t) = 0) \wedge (\beta(t) = 0) \cup (C(t) = C_S) \wedge (t_{ocnt}(t) \geq T_{ocnt}) \cup (C(t) = C_{17}) \wedge (t_{omnt}(t) \geq T_{omnt}) \cup (C(t) = C_{13s}) \wedge (t_{emo}(t) \geq T_{emo}) \cup (C(t) = C_{18}) \wedge (t_{no}(t) \geq T_{no})</math>;  <math>C_{17}</math>, если <math>(C(t) = C_{17}) \wedge (t_{omnt}(t) &lt; T_{omnt}) \wedge (\alpha(t) = I) \wedge (\beta(t) = 0) \cup (C(t) = C_{16}) \wedge (t_{omnt}(t) \geq T_{omnt}) \cup (C(t) = C_{13s}) \wedge (t_{emo}(t) \geq T_{emo}) \cup (C(t) = C_{18}) \wedge (t_{no}(t) \geq T_{no})</math>;  <math>C_{13s}</math>, если <math>(C(t) = C_{13s}) \wedge (t_{emo}(t) &lt; T_{emo}) \wedge (\alpha(t) = I) \wedge (\beta(t) = I) \cup (C(t) = C_{18}) \wedge (t_{no}(t) \geq T_{no}) \cup (C(t) = C_{17}) \wedge (t_{omnt}(t) \geq T_{omnt}) \cup (C(t) = C_{16}) \wedge (t_{omnt}(t) \geq T_{omnt})</math>;  <math>C_{18}</math>, если <math>(C(t) = C_{18}) \wedge (t_{no}(t) &lt; T_{no}) \wedge (\alpha(t) = I) \wedge (\beta(t) = 0) \cup (C(t) = C_{13s}) \wedge (t_{emo}(t) \geq T_{emo}) \cup (C(t) = C_{17}) \wedge (t_{omnt}(t) \geq T_{omnt}) \cup (C(t) = C_{16}) \wedge (t_{omnt}(t) \geq T_{omnt}) \cup (C(t) = C_S) \wedge (t_{ocnt}(t) \geq T_{ocnt})</math>.                 </p> <p>где <math>C \in (C_1, C_S, C_{15}, C_{16}, C_{17}, C_{18})</math>; <math>C_S \in (C_2, C_3, C_4, C_5, C_6)</math></p>	<p>4</p> 
2	 <p><math>T_2</math></p> <p><math>C_1</math> <math>C_R</math> <math>C_{18}</math>  <math>C_7, C_8, C_{16}, C_{17}</math></p>	<p>3</p> <p> <math>C_1</math>, если <math>(C(t) = C_1) \wedge (t_{ns}(t) &lt; T_{ns}) \wedge (\beta(t) = 0) \wedge (\alpha(t) = I) \cup (C(t) = C_R) \wedge (t_{ymt}(t) \geq T_{ymt})</math>;  <math>C_2</math>, если <math>(C(t) = C_R) \wedge (t_{ymt}(t) &lt; T_{ymt}) \wedge (N_{ymt}(t) &lt; N_{ymt}) \wedge (\beta(t) = I) \wedge (\alpha(t) = I) \cup (C(t) = C_1) \wedge (t_{ns}(t) \geq T_{ns}) \cup (C(t) = C_{16}) \wedge (t_{omnt}(t) \geq T_{omnt}) \cup (C(t) = C_{17}) \wedge (t_{omnt}(t) \geq T_{omnt}) \cup (C(t) = C_{18}) \wedge (t_{no}(t) \geq T_{no})</math>;  <math>C_{16}</math>, если <math>(C(t) = C_{16}) \wedge (t_{omnt}(t) &lt; T_{omnt}) \wedge (\alpha(t) = 0) \wedge (\beta(t) = 0) \cup (C(t) = C_S) \wedge (t_{ocnt}(t) \geq T_{ocnt}) \cup (C(t) = C_{17}) \wedge (t_{omnt}(t) \geq T_{omnt}) \cup (C(t) = C_{13s}) \wedge (t_{emo}(t) \geq T_{emo}) \cup (C(t) = C_{18}) \wedge (t_{no}(t) \geq T_{no})</math>;  <math>C_{17}</math>, если <math>(C(t) = C_{17}) \wedge (t_{omnt}(t) &lt; T_{omnt}) \wedge (\alpha(t) = I) \wedge (\beta(t) = 0) \cup (C(t) = C_{16}) \wedge (t_{omnt}(t) \geq T_{omnt}) \cup (C(t) = C_{13s}) \wedge (t_{emo}(t) \geq T_{emo}) \cup (C(t) = C_{18}) \wedge (t_{no}(t) \geq T_{no})</math>;  <math>C_{18}</math>, если <math>(C(t) = C_{18}) \wedge (t_{no}(t) &lt; T_{no}) \wedge (\alpha(t) = I) \wedge (\beta(t) = 0) \cup (C(t) = C_{13s}) \wedge (t_{emo}(t) \geq T_{emo}) \cup (C(t) = C_{17}) \wedge (t_{omnt}(t) \geq T_{omnt}) \cup (C(t) = C_{16}) \wedge (t_{omnt}(t) \geq T_{omnt}) \cup (C(t) = C_S) \wedge (t_{ocnt}(t) \geq T_{ocnt})</math>.                 </p> <p>где <math>C \in (C_1, C_R, C_{16}, C_{17}, C_{18})</math>; <math>C_S \in (C_7, C_8)</math></p>	

1 – начало; 2 – объявление массивов и переменных; 3 – предварительно-заключительная операция (ПЗО) выполнена?; 4 – технологическая операция (ТО) выполнена?; 4 (взт), 4 (рбт), 4 (прт), 4 (чмт) – ТО взвешивания, разраковывания, промерки, чистки и маркировки ткани выполнены?; 5 – генерация времени следующей ТО; 6 – вспомогательную технологическую операцию (ВТО) выполнить?; 7 – определение оставшегося времени моделирования; 8 – ВТО выполнена?; 9 – определение времени ПЗО; 10 – определение времени ТО; 10 (взт), 10 (рбт), 10 (прт), 10 (чмт) – определение времени ТО взвешивания, разраковывания, промерки, чистки и маркировки ткани; 11 – определение количества пряжи (суровой ткани) на соответствующем переходе обработки; 12 – определение времени ВТО; 13 – конец; 14 – контрольную операцию (КО) выполнить?; 15 – КО выполнена?; 16 – определение времени КО. В математических моделях (табл. 3):  $t$  и  $\Delta t$  – произвольный момент и шаг приращения времени моделирования.

1	2	3	4
<p><math>T_3</math></p> 	<p><math>C_1, \text{если } \Pi(C(t)=C_{11}) \wedge (t_{ns}(t) &lt; T_{ns}) \wedge (\beta(t)=0) \wedge (\alpha(t)=I) \cup (C(t)=C_9) \wedge (t_{cmk}(t) \geq T_{cmk});</math>  <math>C_9, \text{если } \Pi(C(t)=C_9) \wedge (t_{cmk}(t) &lt; T_{cmk}) \wedge (N_{cmk}(t) &lt; N_{cmk}) \wedge (\beta(t)=I) \wedge (\alpha(t)=I) \cup (C(t)=C_{11}) \wedge (t_{ns}(t) \geq T_{ns}) \cup (C(t)=C_{16}) \wedge (t_{omn}(t) \geq T_{omn}) \cup (C(t)=C_{17}) \wedge (t_{omn}(t) \geq T_{omn}) \cup (C(t)=C_{15}) \wedge (t_{emo}(t) \geq T_{emo}) \cup (C(t)=C_{18}) \wedge (t_{no}(t) \geq T_{no});</math>  <math>C_{10}, \text{если } \Pi(C(t)=C_{10}) \wedge (t_{no}(t) &lt; T_{no}) \wedge (\beta(t)=0) \wedge (\alpha(t)=I) \cup (C(t)=C_9) \wedge (t_{cmk}(t) \geq T_{cmk});</math>  <math>C_{16}, \text{если } \Pi(C(t)=C_{16}) \wedge (t_{omn}(t) &lt; T_{omn}) \wedge (\alpha(t)=0) \wedge (\beta(t)=0) \cup (\beta(t)=I) \cup (C(t)=C_9) \wedge (t_{cmk}(t) \geq T_{cmk}) \cup (C(t)=C_{17}) \wedge (t_{omn}(t) \geq T_{omn}) \cup (C(t)=C_{15}) \wedge (t_{emo}(t) \geq T_{emo}) \cup (C(t)=C_{18}) \wedge (t_{no}(t) \geq T_{no});</math>  <math>C_{17}, \text{если } \Pi(C(t)=C_{17}) \wedge (t_{omn}(t) &lt; T_{omn}) \wedge (\alpha(t)=I) \wedge (\beta(t)=0) \cup (C(t)=C_{16}) \wedge (t_{omn}(t) \geq T_{omn}) \cup (C(t)=C_{15}) \wedge (t_{emo}(t) \geq T_{emo}) \cup (C(t)=C_{18}) \wedge (t_{no}(t) \geq T_{no}) \wedge (t_{omn}(t) \geq T_{omn}) \cup (C(t)=C_{16}) \wedge (t_{omn}(t) \geq T_{omn}) \cup (C(t)=C_{17}) \wedge (t_{omn}(t) \geq T_{omn}) \cup (C(t)=C_9) \wedge (t_{cmk}(t) \geq T_{cmk});</math>  <math>C_{18}, \text{если } \Pi(C(t)=C_{18}) \wedge (t_{no}(t) &lt; T_{no}) \wedge (\alpha(t)=I) \wedge (\beta(t)=0) \cup (C(t)=C_{15}) \wedge (t_{emo}(t) \geq T_{emo}) \cup (C(t)=C_9) \wedge (t_{cmk}(t) \geq T_{cmk});</math>  <math>C_{15}, \text{если } \Pi(C(t)=C_{15}) \wedge (t_{emo}(t) &lt; T_{emo}) \wedge (\alpha(t)=I) \wedge (\beta(t)=0) \cup (C(t)=C_{16}) \wedge (t_{omn}(t) \geq T_{omn}) \cup (C(t)=C_{18}) \wedge (t_{no}(t) \geq T_{no}) \cup (C(t)=C_{17}) \wedge (t_{omn}(t) \geq T_{omn}) \cup (C(t)=C_{16}) \wedge (t_{omn}(t) \geq T_{omn}) \cup (C(t)=C_9) \wedge (t_{cmk}(t) \geq T_{cmk});</math>  <p>где <math>C \in (C_1, C_9, C_{10}, C_{15}, C_{16}, C_{17}, C_{18})</math></p> </p>	<p><math>C_1, \text{если } \Pi(C(t)=C_1) \wedge (t_{ns}(t) &lt; T_{ns}) \wedge (\beta(t)=0) \wedge (\alpha(t)=I) \cup (C(t)=C_{14}) \wedge (t_{чмт}(t) \geq T_{чмт});</math>  <math>C_{11}, \text{если } \Pi(C(t)=C_{11}) \wedge (t_{cmk}(t) &lt; T_{cmk}) \wedge (N_{cmk}(t) &lt; N_{cmk}) \wedge (\beta(t)=I) \wedge (\alpha(t)=I) \cup (C(t)=C_{11}) \wedge (t_{ns}(t) \geq T_{ns}) \cup (C(t)=C_{16}) \wedge (t_{omn}(t) \geq T_{omn}) \cup (C(t)=C_{17}) \wedge (t_{omn}(t) \geq T_{omn}) \cup (C(t)=C_{15}) \wedge (t_{emo}(t) \geq T_{emo}) \cup (C(t)=C_{18}) \wedge (t_{no}(t) \geq T_{no});</math>  <math>C_{12}, \text{если } \Pi(C(t)=C_{12}) \wedge (t_{рбм}(t) &lt; T_{рбм}) \wedge (N_{рбм}(t) &lt; N_{рбм}) \wedge (\alpha(t)=I) \wedge (\beta(t)=I) \cup (C(t)=C_{16}) \wedge (t_{omn}(t) \geq T_{omn}) \cup (C(t)=C_{18}) \wedge (t_{no}(t) \geq T_{no}) \cup (C(t)=C_{11}) \wedge (t_{cmk}(t) \geq T_{cmk});</math>  <math>C_{13}, \text{если } \Pi(C(t)=C_{13}) \wedge (t_{чмт}(t) &lt; T_{чмт}) \wedge (N_{чмт}(t) &lt; N_{чмт}) \wedge (\alpha(t)=I) \wedge (\beta(t)=I) \cup (C(t)=C_{16}) \wedge (t_{omn}(t) \geq T_{omn}) \cup (C(t)=C_{18}) \wedge (t_{no}(t) \geq T_{no}) \cup (C(t)=C_{11}) \wedge (t_{cmk}(t) \geq T_{cmk}) \cup (C(t)=C_{12}) \wedge (t_{рбм}(t) \geq T_{рбм});</math>  <math>C_{14}, \text{если } \Pi(C(t)=C_{14}) \wedge (t_{чмт}(t) &lt; T_{чмт}) \wedge (N_{чмт}(t) &lt; N_{чмт}) \wedge (\alpha(t)=I) \wedge (\beta(t)=I) \cup (C(t)=C_{16}) \wedge (t_{omn}(t) \geq T_{omn}) \cup (C(t)=C_{18}) \wedge (t_{no}(t) \geq T_{no}) \cup (C(t)=C_{11}) \wedge (t_{cmk}(t) \geq T_{cmk}) \cup (C(t)=C_{12}) \wedge (t_{рбм}(t) \geq T_{рбм});</math>  <math>C_{16}, \text{если } \Pi(C(t)=C_{16}) \wedge (t_{omn}(t) &lt; T_{omn}) \wedge (\alpha(t)=0) \wedge (\beta(t)=0) \cup (C(t)=C_{11}) \wedge (t_{cmk}(t) \geq T_{cmk}) \cup (C(t)=C_{12}) \wedge (t_{рбм}(t) \geq T_{рбм}) \cup (C(t)=C_{13}) \wedge (t_{чмт}(t) \geq T_{чмт}) \cup (C(t)=C_{14}) \wedge (t_{чмт}(t) \geq T_{чмт}) \cup (C(t)=C_{15}) \wedge (t_{emo}(t) \geq T_{emo}) \cup (C(t)=C_{18}) \wedge (t_{no}(t) \geq T_{no}) \cup (C(t)=C_{17}) \wedge (t_{omn}(t) \geq T_{omn}) \cup (C(t)=C_{16}) \wedge (t_{omn}(t) \geq T_{omn}) \cup (C(t)=C_{17}) \wedge (t_{omn}(t) \geq T_{omn}) \cup (C(t)=C_{16}) \wedge (t_{omn}(t) \geq T_{omn}) \cup (C(t)=C_{17}) \wedge (t_{omn}(t) \geq T_{omn}) \cup (C(t)=C_{16}) \wedge (t_{omn}(t) \geq T_{omn});</math>  <p>где <math>C \in (C_1, C_{11}, C_{12}, C_{13}, C_{14}, C_{16}, C_{18})</math></p> </p>	<p><math>T_4</math></p> 

$Лосн(t)$  и  $Лут(t)$ ,  $Лстк(t)$ ,  $Мезит(t)$ ,  $Мрбм(t)$ ,  $Мрпм(t)$ ,  $Мчмт(t)$  – случайные функции количества соответственно основной и уточной пряжи, суровой, взвешенной, разбавленной, промеренной, ошпеленной и маркированной ткани,  $Лосн$  и  $Лут$ ,  $Лстк$ ,  $Мезит$ ,  $Мрбм$ ,  $Мрпм$ ,  $Мчмт$  – необходимое количество соответственно основной и уточной пряжи, суровой, взвешенной, разбавленной, промеренной, ошпеленной и маркированной ткани,  $\alpha(t)$  – случайная функция работоспособности оборудования (0 – не работает, 1 – работает);  $\beta(t)$  – случайная функция, характеризующая выполнение технологической операции (0 – не выполняется, 1 – выполняется);  $tns(t)$ ,  $iosn(t)$  и  $тут(t)$ ,  $тсмк(t)$ ,  $трбм(t)$ ,  $тчмт(t)$ ,  $тсмт(t)$ ,  $тсмт(t)$ ,  $тсмт(t)$  и  $тсмт(t)$  – временные функции времени соответственно выполнения подготовительно-заключительной операции, подготовки основной и уточной пряжи, выработки суровой ткани, взвешивания, разбавки, промеры, чистки и маркировки ткани, выполнения вспомогательных технологических операций, отказа по техническим причинам, простоя оборудования из-за отсутствия фронта работ, контрольной операции;  $T_{ns}$ ,  $T_{iosn}$  и  $T_{тут}$ ,  $T_{смк}$ ,  $T_{рбм}$ ,  $T_{чмт}$ ,  $T_{смт}$  и  $T_{смт}$  – регламентированное значение времени соответственно выполнения подготовительно-заключительной операции, подготовки основной и уточной пряжи, выработки суровой ткани, взвешивания, разбавки, чистки и маркировки ткани, выполнения вспомогательных технологических операций, отказа по техническим причинам, простоя оборудования из-за отсутствия фронта работ, контрольной операции.

Для того чтобы реализовать на ЭВМ обобщенную имитационную модель сложной системы необходимо синтезировать ее из отдельных модулей, описывающих функционирование компонент системы. Одним из основных вопросов, возникающих при синтезе модели, является вопрос о принципах построения моделирующих алгоритмов основных и вспомогательных модулей. Этот принцип выбирается из известных существующих принципов: « $\Delta t$ », «особых состояний», «последовательной проводки заявок» [1]. При разработке имитационной модели использованы два: принцип « $\Delta t$ » (для программирования вспомогательных модулей, которые должны отражать взаимосвязи между подсистемами, а также организацию и технологию прядения) и принцип «особых состоя-

ний» (для программирования технико-технологических подсистем, являясь весьма удобным и экономичным в отношении машинного времени).

Обобщенный алгоритм имитационной модели, полученный на основе синтеза алгоритмов подсистем (см. табл. 3) и представленный на рис. 1, начинает работу с управляющей программы, в которой резервируются поля памяти под массивы и переменные, обнуляются их начальные значения. Для работы генератора случайных чисел определяются их случайные начальные значения. Затем управляющая программа обращается к модулям ввода и вывода исходных данных, включает счетчик модельного времени  $t$ , который будет наращиваться с шагом  $\Delta t$  до заданного значения времени моделирования  $t_3$ .

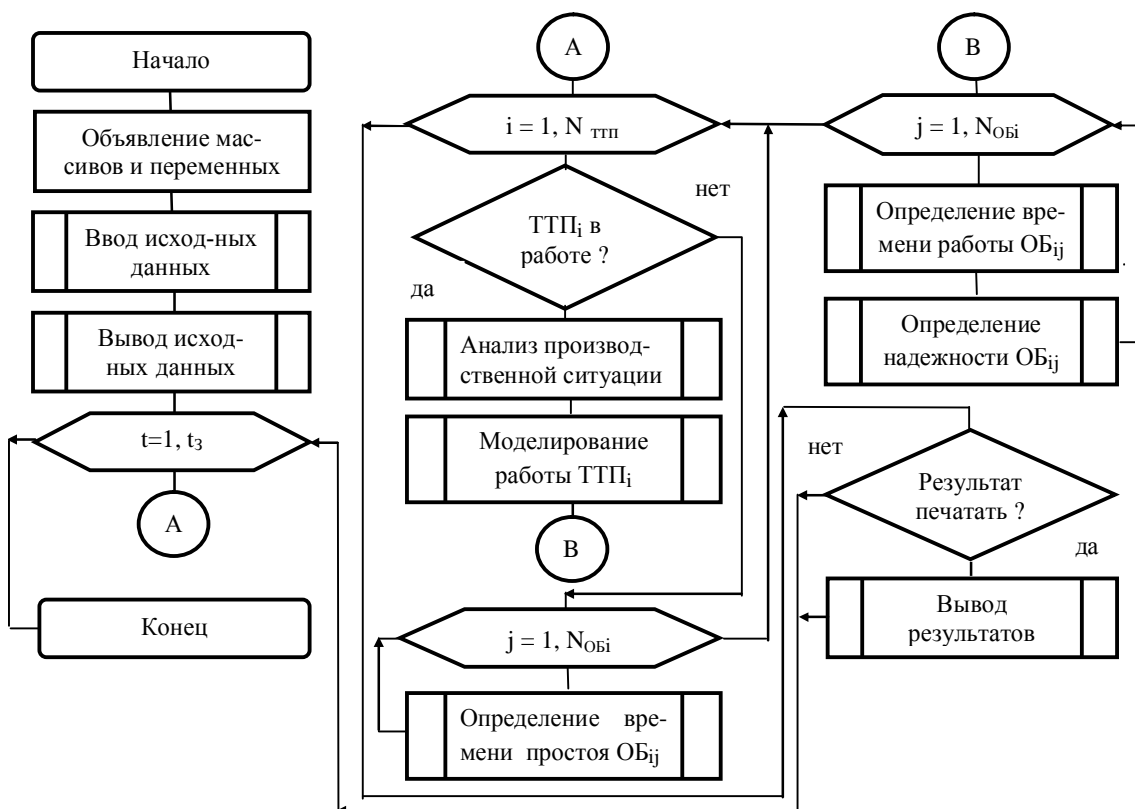


Рис. 1. Алгоритм имитационного моделирования технологической линии хлопчаточесства

На каждом шаге проверяется: функционирует ли  $i$ -ая технико-технологическая подсистема. Если да, то для моделирования процессов в  $ТПП_i$  и анализа производственной ситуации задается цикл по перебору всех  $ТПП_i$  ( $i = 1, N_{ТПП}$ ). Если нет, то в цикле определяется время про-

стоя каждой единицы станочного оборудования  $Об_{ij}$  с фиксацией причины простоя (отказ оборудования по техническим или технологическим причинам, простой оборудования из-за отсутствия фронта работ). Следующим этапом работы алгоритма является еще один цикл просмотр-

ра всего оборудования, задействованного в ТТП<sub>i</sub> ( $j = 1, N_{Обi}$ ). Для каждого станка определяется время работы и его надежность. Установление надежности осуществляется путем моделирования наработки на отказ и времени восстановления соответствующего технологического оборудования. После этого проверяется: нужно ли выводить на печать информацию, сложившуюся на момент времени  $t$ ? Если да, то подключается модуль «Вывод результатов». Если нет, то сразу переходим на цикл по наращиванию модельного времени  $t_3$ . Процесс моделирования заканчивается по достижению заданной величины  $t_3$ .

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978. – 401 с.
2. Севостьянов А.Г. Механическая технология текстильных материалов / Н.А. Осьмин, В.П. Щербаков, В.Ф.Галкин и др. – М.: Легпромбытиздат, 1989. – 512 с.
3. Эпов А.А. Компьютерное моделирование параметров надежности технологических машин хлопкопрядения и ткачества / А.А. Эпов, Е.Н. Ломкова., А.А. Казначеева // Материалы Второго международного симпозиума «Механизмы и машины ударного, периодического и вибрационного действия». – Орел: ОрелГТУ, 2003, с. 277 – 281.
4. Эпов А.А. Вербальная модель производственного процесса хлопкоткачества / А.А. Эпов., Е.Н. Ломкова., А.А. Казначеева// Материалы III Всероссийской конференции «Инновационные технологии в обучении и производстве». Том I. Камышин, 2005, с.104 -107.
5. Эпов А.А. Формализация процессов хлопкопрядения и ткачества при компьютерной имитации технологических линий станочного оборудования / А.А. Эпов, Е.Н. Ломкова., А.А. Казначеева // Известия ВолгГТУ: межвуз. сб. науч. ст. № 1(27) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2007, с. 110-114.

### IMITATIONAL MODELING ALGORITHMS ELABORATION OF TECHNOLOGICAL LINE COTTON-WEAVING

Kochetkova O.V., Epov A.A., Lomkova E.N., Kaznacheeva A.A.

*Kamyshin technological institute (branch) of Volgograd state technical university, Kamyshin*

Mathematical models of machine-tool cotton-weaving equipment are given. Modeling algorithms of techno-technological subsystems describing main technological transitions for different machine-tool groups are worked out. As a result of a subsystem models synthesis an integral probability imitational model of a machine-tool section is obtained.