

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ПОСТРОЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОЙ СЕТИ ПЕТРИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РАСПИСАНИЙ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ПЛОДООВОЩНОГО СЫРЬЯ

*В статье рассмотрена математическая модель технологических процессов, осуществляемых на предприятиях по переработке плодоовощного сырья, на основе модифицированного аппарата сетей Петри. Предложены алгоритмы построения модифицированной сети Петри для множества технологических процессов при формировании производственных расписаний для указанного вида предприятий.*

**Ключевые слова:** производственное расписание; технологические процессы по переработке плодоовощного сырья; сети Петри.

### ВВЕДЕНИЕ

Формирование производственных расписаний (ПР) на предприятиях является сложной задачей ввиду того, что на возможность их исполнения оказывают влияние множество факторов. В зависимости от того, насколько критичны (с точки зрения диспетчерского отдела, плановика, технологов предприятия) отклонения от принятого ПР, его следует корректировать в сжатые сроки. Решение задачи составления ПР, мониторинга их исполнения и своевременной корректировки имеет важное значение для предприятий различных отраслей промышленности, что обуславливает ведение разработок средств формирования ПР и внедрение их в АСУП [1, 2]. Особую трудность представляют разработка и последующие корректировки ПР на предприятиях по переработке скоропортящегося сырья, в том числе плодоовощного. Это обусловлено требованием принятия решений по их корректировке в минимальные сроки из-за специфики перерабатываемого сырья и наличия жестких ограничений на качественные характеристики используемого сырья, полуфабрикатов и самой готовой продукции (ГП), задаваемых в технологических инструкциях (ТИ). Одним из путей решения задачи построения ПР для указанного типа предприятий является автоматизация их формирования с учетом множества факторов. На основе проведенного анализа специфики организации технологических процессов (ТП) по переработке плодоовощного сырья нами был предложен подход к формализации их представления на основе модифицированного аппарата сетей Петри (МСП) и разработан соответствующий алгоритм построения МСП.

### ФОРМАЛИЗАЦИЯ ОПИСАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛОДООВОЩНОГО СЫРЬЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РАСПИСАНИЙ

Формирование ПР в ходе оперативно-календарного планирования осуществляется на основе данных производственной программы (ПП), содержащей сведения о планируемом выпуске готовой продукции в заданных объемах в определенные сроки. В ПП предусматривается, что в планируемом периоде  $P$  должно быть произведено  $N$  видов продукции, причем  $n$ -ая партия готовой продукции в объеме  $V_n$  должна быть готова к отгрузке в  $p$ -ый момент времени, где  $n = \overline{0, N-1}$ ,  $p = \overline{0, P-1}$ . ПП формируется с учетом производственных мощностей, следовательно, для ее выполнения в заданном периоде предприятие располагает необходимыми мощностями, в том числе исправным

оборудованием, складскими помещениями и оборудованием для хранения в требуемых условиях, обслуживающим персоналом с заданной квалификацией.

Пусть на предприятии для производства продукции в периоде  $P$  могут быть использованы  $E_j$  единиц оборудования  $j$ -го вида, где  $j = \overline{0, J-1}$ ,  $J$  – количество видов оборудования. Для каждого вида оборудования известны объем загружаемой партии сырья и производительность, энергозатраты, подготовительно-заключительное время на переналадку и смену оснастки. Если ТП предполагает этап технологического пролеживания, то этот этап приравнивается к этапам технологической обработки (ТО), и, соответственно, для него при возможности должны быть указаны все перечисленные характеристики. Для выпуска  $n$ -го вида ГП, предусмотренного принятой ПП на период  $P$ , необходимо  $I_n$  видов сырья и полуфабрикатов, закупаемых у сторонних производителей (СПФ). ТП для производства  $n$ -го вида ГП включает  $L_n$  этапов ТО, каждый из которых соответствует одной технологической операции, выполняемой на оборудовании  $j$ -го вида. Количество этапов обработки зависит от принятой рецептуры изготовления ГП и, следовательно, теоретически не ограничено:  $L_n \geq 1$ .

Тогда ТП производства  $n$ -го вида ГП может быть задан в виде списка  $F_n$ :

$$F_n = [f_{n,0}, f_{n,1}, f_{n,2}, \dots, f_{n,l}, \dots, f_{n,L_n-1}], \quad (1)$$

где  $f_{n,l}$  – номер оборудования, используемого на  $l$ -ом этапе ТО:  $f_{n,l} = j$ .

При этом для каждого  $l$ -го этапа ТО согласно рецептуре требуется  $X_{n,l}$  ингредиентов. Под ингредиентом подразумевается СПФ, а также полуфабрикаты собственного производства (ПФП):

$$X_{n,l} = \{x_g \mid g = \overline{0, Q_{n,l}-1}\},$$

где  $x_g$  – номер СПФ или ПФП, используемого в качестве ингредиента  $l$ -го этапа ТО при изготовлении  $n$ -ой ГП:

$$x_g = \begin{cases} i_n, & \text{если используется СПФ,} \\ y_{n,l}, & \text{если используется ПФП, произведенный в результате ТО на } f_{n,l}; \end{cases}$$

где  $i$  – номер СПФ,  $i_n = \overline{0, I_n-1}$ ,

$y_{n,l}$  – номер ПФП из множества произведенных  $Y_{n,l}$  в результате ТО на  $f_{n,l}$ :  
 $y_{n,l} = \overline{0, Y_{n,l}-1}$ ;

$Q_{n,l}$  – количество ингредиентов  $l$ -го этапа ТО при изготовлении  $n$ -ой ГП.

Следует отметить, что хотя бы один элемент  $Y_{n,l}$  при  $l=L_n$  является ГП  $n$ -ого вида, т.к. ГП есть частный случай ПФП, произведенных в ходе исполнения соответствующего ТП.

Время ТО, осуществляемое на  $l$ -ом этапе изготовления  $n$ -го вида ГП, а также необходимое подготовительно-заключительное время могут быть заданы  $p_{n,l}$  и  $w_{n,l}$  соответственно. Ввиду специфики переработки плодоовощного сырья для каждой пары последовательно осуществляемых этапов ТО следует указать допустимый временной интервал  $D[f_{n,r}, f_{n,r+1}]$ , где  $r = \overline{0, L_n-2}$ .

Таким образом, для формализованного описания ТП производства  $n$ -ого вида ГП необходимо знать порядок осуществления ТО –  $F_n$ , для каждой  $l$ -ой ТО: 1) состав ингредиентов –  $X_{n,l}$ , 2) результат обработки –  $Y_{n,l}$ , 3) время обработки –  $p_{n,l}$ , 4) подготовительно-заключительное время для каждой  $l$ -ой ТО –  $w_{n,l}$ , 5) допустимый временной интервал  $D[f_{n,r}, f_{n,r+1}]$ , где  $n = \overline{0, N-1}$ ,  $l = \overline{0, L_n-1}$ ,  $r = \overline{0, L_n-2}$ .

На предприятиях по переработке плодоовощного сырья традиционно выбор видов производимой продукции осуществляется с учетом возможности рационального использования производственных мощностей и материальных ресурсов. Таким образом, с одной стороны, руководство предприятия минимизирует количество видов оборудования, используемого в множестве ТП, а с другой – сокращает число видов СПФ, причем

применимость  $i$ -го вида СПФ в различных ТП позволяет варьировать направление использования данного СПФ и получаемых в ходе их переработки ПФП в текущий момент.

Следовательно, для ПП, предусматривающей выпуск  $N > 1$  видов ГП, справедливо:

множество СПФ, требуемых для производства  $N$  видов ГП, равно  $X^{\tilde{N} \circ} = \bigcup_{n=0}^{N-1} I_n$ ;

множество различных ингредиентов, используемых на различных этапах ТО всей совокупности ТП, равно  $X = \bigcup_{n=0}^{N-1} \left( \sum_{l=0}^{L_n-1} X_{n,l} \right)$ ;

совокупность этапов ТО  $F$  для  $N$ , реализуемых на предприятии ТП:  $F = \sum_{n=0}^{N-1} F_n$ .

При этом очевидно, что существуют такие  $a, a^* \in \{0, 1, \dots, N-1\}$ ,  $b \in \{0, 1, \dots, L_a-1\}$ ,  $b^* \in \{0, 1, \dots, L_{a^*}-1\}$  и  $b \neq b^*$  при  $a = a^*$ , что:  $f_{a,b} = f_{a^*,b^*} = j$ . То есть, для любых двух видов ГП для соответствующих ТП возможно наличие совпадений по используемому виду оборудования  $j$ . Такие ситуации означают наличие конкурентного доступа к оборудованию  $j$ -го вида и могут возникать как в рамках одного ТП, так и между этапами ТО различных ТП.

Задача формирования ПР заключается в составлении такого расписания загрузки СПФ и ПФП на обработку, которое:

приведет к выполнению ПП по всем видам ГП  $V(P)$  в заданном периоде  $P$ :

$$\sum_{l=0}^{L_n-1} (q_{n,l} + w_{n,l} + p_{n,l}) \leq P, \text{ для } \forall n \in \{0, 1, \dots, N-1\},$$

где  $q_{n,l}$  – время ожидания множества ингредиентов  $X_{n,l}$  загрузки на обработку на оборудовании  $f_{n,l}$ ;

минимизирует издержки производства, включая потери от порчи СПФ, ПФП и ГП.

Очевидно, что минимизировать порчу СПФ и ПФП можно за счет сокращения периодов их нетехнологического пролеживания, т.е. ожидания загрузки  $q_{n,l}$  на оборудование на каждом  $l$ -ом этапе обработки для каждого реализуемого  $n$ -го ТП.

В качестве дополнительных факторов, ограничивающих использование производственных мощностей, следует отметить следующее:

установленное расписание рабочих смен, периодов профилактики оборудования;

разработка ПП сопряжена с наличием возможностей по осуществлению поставок требуемых покупных СПФ (2) в заданном объеме и с требуемыми согласно ТИ качественными характеристиками;

плодоовощное сырье и соответствующие полуфабрикаты подвержены порче, при этом на некоторых этапах СПФ и ПФП могут быть реализованы на рынке, если не предоставляется возможным их использовать в производственном процессе;

ход переработки может быть нарушен в результате возникновения форс-мажорных обстоятельств. Возможность дальнейшего использования ингредиентов в ТП оценивают специалисты лаборатории, для ГП анализируется их качественное состояние согласно требованиям к ГП.

Кроме того, задача составления ПР неразрывно связана с проблемой их оперативной корректировки при выявлении существенных с точки зрения технолога отклонений.

Рассмотренное формализованное описание множества ТП позволяет в общем виде представить математическую модель ТП, реализуемых на предприятиях по переработке плодоовощного сырья, которая может быть использована для разработки алгоритмов формирования ПР. Указанные алгоритмы могут быть положены в основу проектирования средств формирования ПР, которые, в свою очередь, могут быть интегрированы в подсистему оперативно-календарного планирования АСУП. Применение указанных средств позволит в минимальные сроки оценить по набору показателей допустимые варианты ПР,

что особенно важно при организации производства по переработке скоропортящегося, в том числе и плодоовощного сырья.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ПОМОЩЬЮ МОДИФИЦИРОВАННОГО АППАРАТА СЕТЕЙ ПЕТРИ

В ходе анализа специфики организации и исполнения ТП по переработке плодоовощного сырья были рассмотрены различные подходы [3] к моделированию множества осуществляемых на предприятии ТП. В результате нами был предложен подход [4] к построению модели ТП на основе модифицированного аппарата сетей Петри. Данный подход включает два этапа: 1) построение МСП<sup>(n)</sup> для каждого ТП, определенного для  $n$ -го вида ГП; 2) формирование объединенной модифицированной сети Петри (ОМСП) путем композиции  $N$  построенных МСП<sup>(n)</sup>. Процесс построения МСП<sup>(n)</sup> для одного ТП некоторого  $n$ -го вида ГП предполагает:

- определение множества вершин-переходов  $T^{(n)}$  для каждого из предусмотренных ТП этапов ТО, т.е. множества этапов из списка  $F_n$  (1);
- выделение множества стартовых вершин-позиций  $S^{C(n)}$ , число которых соответствует количеству закупаемого сырья и полуфабрикатов (СПФ);
- выделение множества финальных вершин-позиций  $S^{F(n)}$  для  $n$ -го вида ГП, а также полуфабрикатов, получаемых в ходе соответствующего ТП, которые могут быть реализованы на рынке или использованы в качестве ингредиента в другом ТП, осуществляемом на данном предприятии;
- определение множества внутренних вершин-позиций  $S^{B(n)}$ , соответствующих полуфабрикатам, получаемых на всех  $L_n$  этапах ТО, предусмотренных ТП;
- задание функций прямой и обратной инцидентности между вершинами-позициями и вершинами-переходами в соответствии с порядком этапов ТО, перечнем ингредиентов и выходных полуфабрикатов для каждого из них;
- создание буферных вершин-позиций  $S^{B(n)}$ , каждая из которых связана петлей с вершинами-переходами, соответствующим этапам ТО, где используется один и тот же вид оборудования. Наличие петли указывает на то, что буферная вершина входит в подмножество вершин-позиций, определяемых функциями прямой и обратной инцидентности для указанных вершин-переходов одновременно.

Затем для построения математической модели для всех реализуемых на предприятии ТП формируется ОМСП путем композиции полученных на предыдущем этапе МСП<sup>(n)</sup>.

Композиция набора МСП<sup>(n)</sup> предполагает следующие этапы:

определение множества вершин-переходов  $T$ :  $T = \bigcup_{n=0}^{N-1} T^{(n)}$ ;

определение множества вершин-позиций  $S$ , включающего подмножества  $S^C, S^F, S^B, S^B$ , такие, что:  $S^{\tilde{N}} = \bigcup_{n=0}^{N-1} S^{\tilde{N}(n)}$ ,  $S^{\hat{O}} = \bigcup_{n=0}^{N-1} S^{\hat{O}(n)}$ ,  $S^{\hat{A}} = \bigcup_{n=0}^{N-1} S^{\hat{A}(n)}$ ,  $S^{\hat{A}} = \bigcup_{n=0}^{N-1} S^{\hat{A}(n)}$ ;

определение функции прямой и обратной инцидентности для множеств  $T$  и  $S$ ;

для всех подмножеств позиций-переходов, соответствующих одному и тому же виду используемого оборудования, создание общей буферной вершины-позиции, добавление ее в подмножество вершин-позиций ОМСП, а также внесение необходимых изменений в функции инцидентности.

В матричной форме ОМСП задается следующим образом:

$$C = \langle S, T, M, D(S), D(T), F(T), \mu^0 \rangle,$$

где  $S$  – вектор-столбец, включающий идентификаторы вершин-позиций сети соответствующих типов:

$$S = \langle S^C, S^F, S^B, S^B \rangle,$$

где  $S^C$  – множество стартовых вершин-позиций (генераторов маркеров),

$S^F$  – множество финальных вершин-позиций (поглотителей маркеров),

$S^B$  – множество внутренних вершин-позиций;

$S^B$  – множество буферных вершин-позиций (вершины-позиции данного типа могут отсутствовать в МСП);

$T$  – вектор-столбец вершин-переходов сети;

$M$  – матрица инцидентности сети, построенная на основе заданных функций прямой и обратной инцидентности, элементы которой равны:

$$M[i, j] = \begin{cases} v(i, j), & \text{где есть дуга из } S_i \text{ в } T_j, \\ 0, & \text{где нет дуг между } S_i \text{ и } T_j, \\ -v(i, j), & \text{где есть дуга из } T_j \text{ в } S_i, \\ \infty, & \text{где есть петля между } S_i \text{ в } T_j; \end{cases} \quad (2)$$

где  $v(i, j)$  – объем ингредиента, находящегося в  $i$ -ой вершине-позиции, необходимый для срабатывания вершины-перехода  $j$ -ой ТО;

$D(S)$  – вектор-столбец, содержащий сведения о допустимых интервалах между ТО, т.е. времени нахождения в вершинах-позициях сети, кроме буферных;

$D(T)$  – вектор-столбец, содержащий сведения о временных задержках, установленных для вершин-переходов;

$F(T)$  – вектор-столбец, содержащий сведения о функциях определения разрешимости вершин-переходов на основе требуемых объемов ингредиентов  $v(i, j)$ ;

$\mu^0$  – вектор-столбец, определяющий начальную разметку сети.

Пример графического описания фрагмента ОМСП приведен на рисунке 1. Пунктиром обозначены подмножества вершин-переходов, связанных общей буферной вершиной.

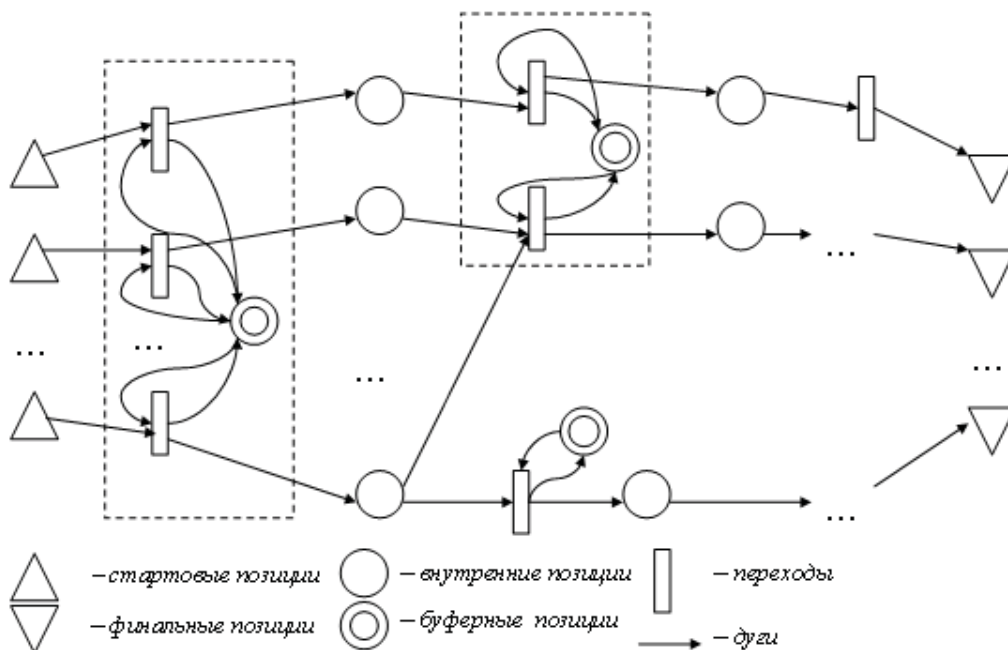


Рисунок 1 – Пример графического описания фрагмента ОМСП

Разметка сети включает число маркеров, находящихся в вершинах из множества  $S$ , и обновляется всякий раз, когда происходит перемещение маркеров между вершинами. Таким образом, вектор-столбец разметки  $\mu$  включает столько же позиций, сколько вектор-столбец  $S$ . Начальная разметка  $\mu^0$  должна отражать размещение СПФ и ПФП в начальный момент моделирования (маркеры в стартовых и внутренних вершинах-позициях), а также число доступных единиц оборудования, к которому имеется конкурентный доступ (маркеры в буферных вершинах-позициях). Под маркером будем понимать абстракцию партии СПФ или ПФП. Помещение маркера в одну из стартовых или внутренних вершин вектор-столбца  $S$  означает, что на предприятии есть СПФ или ПФП соответствующего типа. Перемещение



маркера в финальную вершину-позицию означает завершение ТП и получение соответствующего вида ГП. Ввиду того, что движение маркера по сети соответствует перемещению СПФ или ПФП между этапами ТО, маркер должен включать переменную характеристику – вес, отражающий текущий объем партии СПФ или ПФП.

По сравнению с представленными в [5] описаниями сети Петри и ее расширений, предложенная модификация сети обладает набором вершин-позиций четырех типов, а также маркерами с переменным весом, за счет чего можно моделировать движение партий сырья и полуфабрикатов. Рассматриваемая модифицированная сеть Петри также сочетает в себе расширения, предлагаемые в функционально-временных и цветных сетях Петри. Таким образом, описанный модифицированный аппарат позволяет наиболее полно учесть особенности решаемой задачи.

### РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПОСТРОЕНИЯ ОБЪЕДИНЕННОЙ МОДИФИЦИРОВАННОЙ СЕТИ ПЕТРИ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

На основе предложенного подхода к формированию ОМСП для ТП, определенных для  $N$  видов ГП, был разработан алгоритм реализации указанной модели. На рисунке 2 представлена общая схема алгоритма построения МСП<sup>(n)</sup> для ТП, определенного для некоторого  $n$ -го вида ГП. Алгоритм построения МСП<sup>(n)</sup> включает три основных этапа: 1) ввод данных о выделенных в ТП этапах ТО; 2) определение ограничений на временные интервалы между этапами ТО; 3) создание буферных вершин-позиций для всех подмножеств вершин-переходов, соответствующих одному виду используемого оборудования.

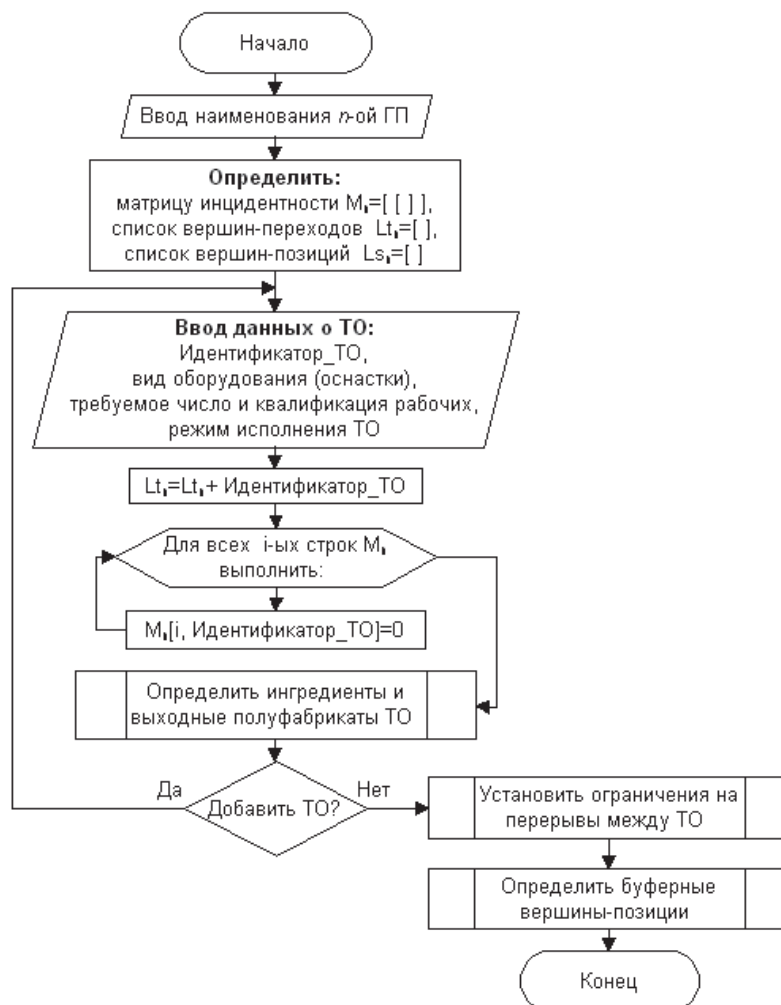


Рисунок 2 – Общая схема алгоритма построения МСП<sup>(n)</sup>  
для технологического процесса производства  $n$ -го вида готовой продукции

На первом этапе создаются пустые списки для вершин-позиций и для вершин-переходов, а также пустой двумерный список для матрицы инцидентности М. Для каждого этапа ТО в цикле выполняются следующие действия: задается набор атрибутов ТО, создается вершина-переход с уникальным Идентификатором\_ТО, в матрице инцидентности добавляется нулевой для всех строк столбец с номером, соответствующим Идентификатору\_ТО, определяются непустые множества ингредиентов и выходных ПФП. В качестве атрибутов ТО необходимо указать: наименование ТО, вид оборудования, время обработки, подготовительно-заключительное время, число и квалификацию рабочих, которые должны участвовать в ТО, режим исполнения ТО (температура, давление и т.д.). Общая схема процедуры «Определить ингредиенты и выходные полуфабрикаты ТО» представлена на рисунке 3.

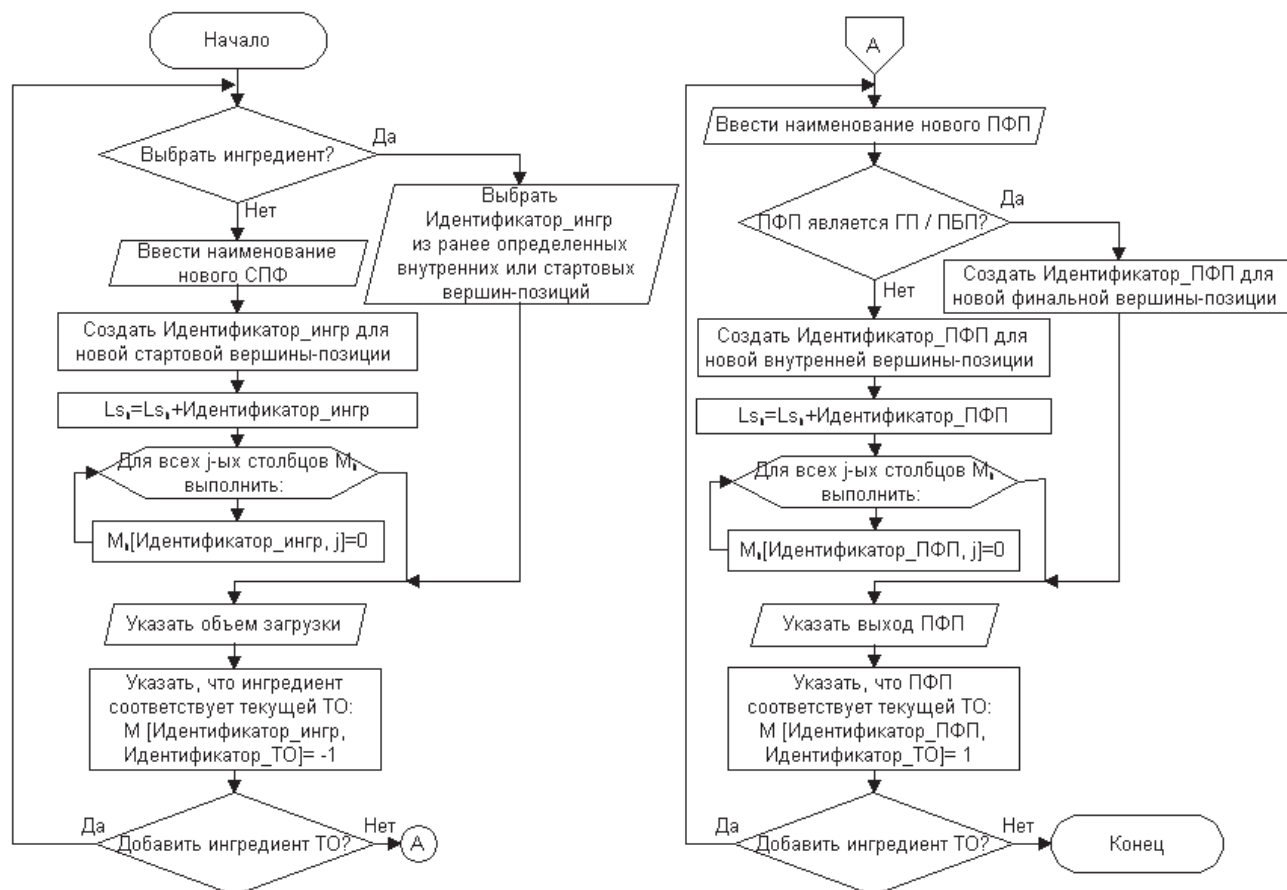


Рисунок 3 – Общая схема алгоритма процедуры «Определить ингредиенты и выходные полуфабрикаты ТО»

Множество ингредиентов ТО должно включать хотя бы один элемент. Если ингредиент относится к закупаемым у сторонних производителей СПФ, то для него создается или выбирается из ранее созданных стартовая вершина-позиция, иначе, если в качестве ингредиента текущей ТО используется выходной ПФП, создаваемый на предшествующей ТО рассматриваемого ТП, для него необходимо выбрать внутреннюю вершину-позицию из ранее определенных. Для новой вершины-позиции указывается уникальный Идентификатор\_ингр, который добавляется в конец списка вершин-позиций. Так как в сети еще не определена ни одна ТО, связанная с новой вершиной-позицией, в матрице инцидентности для всех столбцов, соответствующих ранее заданным ТО, в строке с Идентификатором\_ингр устанавливаются значения «0». Далее вне зависимости от типа вершины-позиции для нее указывается объем загрузки, который обусловлен характеристиками используемого вида оборудования и данными ТИ ТП. В матрице

инцидентности, согласно (2), задается отношение вхождения рассматриваемой вершины-позиции в вершину-переход, соответствующую текущей ТО.

Результатом ТО является получение минимум одного вида выходного ПФП в объеме (выход ПФП), также обусловленном характеристиками используемого вида оборудования и данными ТИ. Если указанный выходной ПФП является ГП или может быть использован в других ТП или реализован на рынке (ПБП) (в том числе отходы), то для него создается финальная вершина-позиция, иначе – внутренняя. Предполагается, что согласно специфике рассматриваемой предметной области, в ТП не существует двух или более этапов ТО, позволяющих получить одинаковые выходные ПФП. Вне зависимости от типа созданной вершины-позиции ее Идентификатор\_ПФП добавляется в конец списка вершин-позиций, а в матрице инцидентности создается нулевая строка для всех столбцов, кроме последнего, соответствующего текущей ТО, для которого, согласно (2), устанавливается значение «-1».

Ввиду особенностей переработки плодовоовощного сырья для перерывов между этапами ТО могут быть заданы временные ограничения, при которых ПФП отвечает требуемому уровню качества согласно ТИ. Общая схема алгоритма процедуры «Установить ограничения на перерывы между ТО» представлена на рисунке 4.

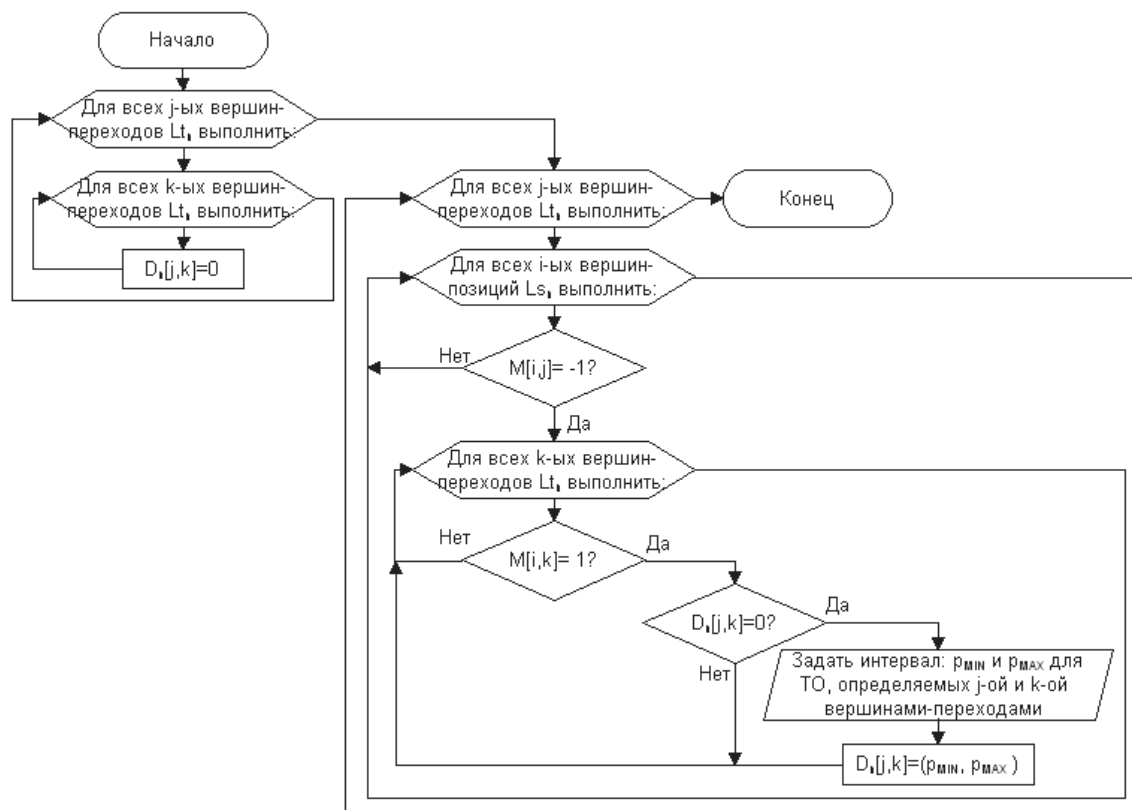


Рисунок 4 – Общая схема алгоритма процедуры «Установить ограничения на перерывы между ТО»

Выполнение указанной процедуры предполагает поиск всех пар последовательно осуществляемых этапов ТО и ввод для каждой из них минимальной и максимальной продолжительности перерыва. При этом, если хотя бы одна из указанных величин не определена, то она считается равной нулю или же теоретически не ограничена. Хранение сведений о допустимых временных интервалах осуществляется в матрице  $D_n$ , имеющей размерность  $L_n \times L_n$ .

Завершающим этапом построения МСП<sup>(n)</sup> для ТП производства  $n$ -го вида готовой продукции является создание буферных вершин-позиций для всех подмножеств ТО, где имеется конкурентный доступ к оборудованию. Общая схема алгоритма процедуры «Определить буферные вершины-позиции» представлена на рисунке 5. Для каждой вершины-перехода выполняется поиск вершины, ссылающейся на аналогичный вид



оборудования. Если найдена вершина-позиция, удовлетворяющая данному условию, то список вершин-позиций дополняется новой буферной вершиной, позволяющей моделировать конкурентный доступ к оборудованию соответствующего вида.

Для моделирования сценария совместного производства двух и более видов продукции на одном предприятии необходимо построить ОМСП. Алгоритм объединения МСП<sup>(n)</sup> для  $N$  видов ТП включает следующие этапы:

создание пустых списков вершин-позиций  $Ls^O$  и вершин-переходов  $Lt^O$ , а также пустого двумерного списка  $M^O$  для матрицы инцидентности ОМСП;

выполнение для всех МСП<sup>(n)</sup> композиции с ОМСП путем внесения сведений об определенных в МСП<sup>(n)</sup> вершинах-позициях, вершинах-переходах и значениях матрицы инцидентности в соответствующие списки ОМСП;

определение буферных вершин-позиций для всех подмножеств ТО в ОМСП, где имеется конкурентный доступ к оборудованию;

объединение матриц  $D_n$ , содержащих сведения о заданных интервалах между ТО.

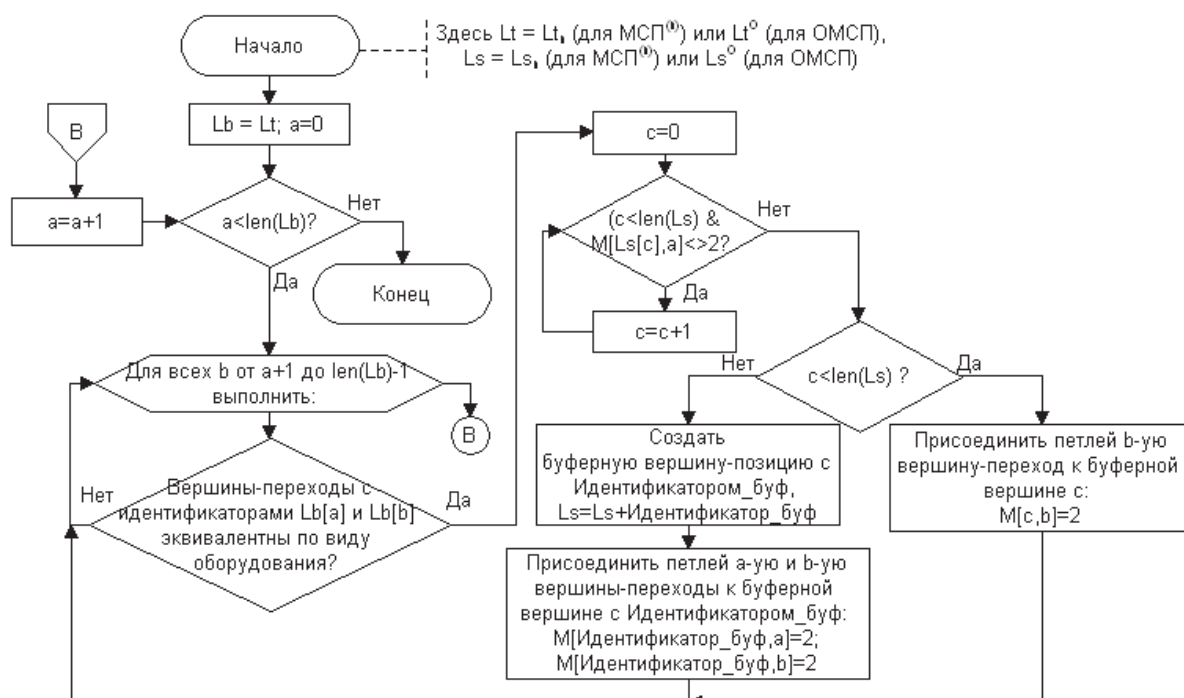
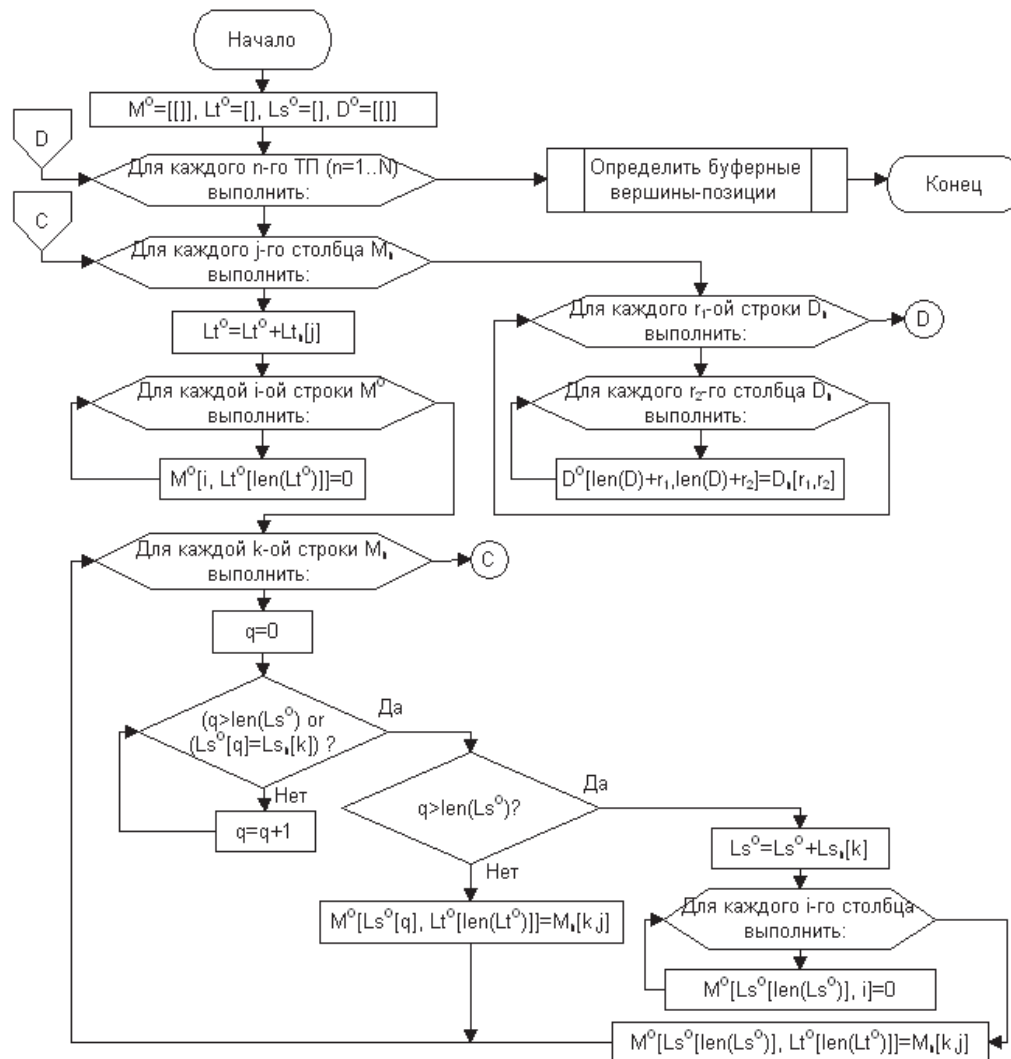


Рисунок 5 – Общая схема алгоритма процедуры «Определить буферные вершины-позиции»

На рисунке 6 представлена общая схема алгоритма построения ОМСП.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный подход к моделированию ТП, реализуемых на предприятиях по переработке плодоовощного сырья, и созданные в соответствии с ним алгоритмы могут быть положены в основу разработки программных средств формирования ПР. Предполагается, что внедрение подобной системы в подсистему оперативно-календарного планирования предприятий по переработке плодоовощного сырья позволит снизить потери сырья и полуфабрикатов от порчи за счет оперативности корректировок ПР в условиях жестких временных ограничений и установленных специфических требований к организации ТП переработки указанного типа сырья.



**Рисунок 6 – Общая схема алгоритма построения объединенной модифицированной сети Петри**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савина О.А., Калинина Ю.О. Основные проблемы внедрения ERP-систем на предприятиях России // Информационные системы и технологии, 2008. – № 1-3. – С. 238-241.
2. Рыбников А.И. Система управления предприятием типа МРП. – М.: Азроконсалт, 1999. – 134 с.
3. Савва Т.Ю. Математическое моделирование переработки скоропортящегося сырья // Прикладная математика, управление и информатика: сборник трудов Междунар. молодеж. конф. В 2 т. – Белгород: ИД «Белгород», 2012. – Т. 1. – С. 256-259.
4. Савва Т.Ю. Разработка математической модели загрузки оборудования на предприятии по переработке скоропортящегося сырья // Информационные системы и технологии, 2012. – № 6(74). – С. 47-56.
5. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем: пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 264 с., ил.

**Савва Татьяна Юрьевна**

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел  
Аспирантка кафедры «Информационные системы»  
Тел.: 8 953 620 14 80  
E-mail: t.savva@mail.ru

**DEVELOPMENT OF THE ALGORITHMS FOR CONSTRUCTING A MODIFIED PETRI NETS FOR FORMING THE PRODUCTION SCHEDULES FOR THE PLANTS FOR PROCESSING OF FRUIT AND VEGETABLE RAW MATERIALS**

*In given article the mathematical model of technological processes carried out by the plants for processing of fruit and vegetable raw materials, based on a modified apparatus of Petri nets is described. There are proposed the algorithms for constructing a modified Petri nets for a variety of technological processes for formation of the production schedules for the specified type of plants.*

**Keywords:** *the production schedules; technological processes for processing of fruit and vegetable raw materials; Petri nets.*

**BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Savina O.A., Kalinina Yu.O. Osnovny'e problemy' vnedreniya ERP-sistem na predpriyatiyax Rossii // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2008. – № 1-3. – S. 238-241.
2. Ry'bnikov A.I. Sistema upravleniya predpriyatiem tipa MRPII. – M.: Azrokonsalt, 1999. – 134 s.
3. Savva T.Yu. Matematicheskoe modelirovanie pererabotki skorportyashhegosya sy'r'ya // Prikladnaya matematika, upravlenie i informatika: sbornik trudov Mezhdunar. molodyozh. konf. V 2 t. – Belgorod: ID «Belgorod», 2012. – T. 1. – S. 256-259.
4. Savva T.Yu. Razrabotka matematicheskoy modeli zagruzki oborudovaniya na predpriyatii po pererabotke skorportyashhegosya sy'r'ya // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2012. – № 6(74). – S. 47-56.
5. Piterson Dzh. Teoriya setej Petri i modelirovanie sistem: per. s angl. – M.: Mir, 1984. – 264 s., il.