

УДК 004.9:681.3

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ЗАТРАТ ХИМИКАТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ТКАНЕЙ ОАО «МОГОТЕКС»

Борчик Е.М.

Аннотация

В статье представлена имитационная модель производства готовой продукции (тканей) ОАО «Моготекс», построенной в системе имитации Powersim, для автоматизации расчета затрат химикатов при оптимальном сочетании технологических режимов. Задача определения оптимального сочетания технологических режимов в производстве определенного вида ткани по критерию минимизации стоимости ресурсов и временных затрат решена с использованием потокового программирования, как задача определения кратчайшего пути или минимального расхода ресурсов. Получены сочетания технологических режимов с минимальными и максимальными стоимостями затрат на химикаты, как наилучший и наихудший результат использования имеющегося оборудования. Разработан алгоритм интеграции имитационной модели в комплексную информационную систему предприятия посредством применения комплекса программных и информационных средств, включающих MSExcel и PowerSim.

Ключевые слова: потоковая модель, имитационная модель, информационная система, химикаты.

AUTOMATION OF CALCULATION OF COST CHEMICALS IN FABRIC PRODUCTION OF "MOGOTEX"

Borchik E.M.

Abstract

A simulation model for the production of finished fabric of "Mogotex", built in imitation Powersim system, to automate the calculation of the cost of chemicals at the optimum combination of technological modes is present. The problem of determining the optimal combination of technological regimes in the production of a certain type of tissue under the criterion of minimizing the cost of resources and the time spent solved using streaming programming as a problem determining the shortest path or minimum resource consumption. A combination of technological modes with a minimum and maximum value of the cost of chemicals as the best and the worst result of the use of existing equipment was obtained. The integration algorithm of simulation model into a comprehensive enterprise information system through the use of complex software and information tools including MSExcel and PowerSim is present.



Keywords: *threading model, simulation model, information system, chemicals.*

Введение

Процессы производства готовой ткани, или технологические жизненные циклы ткани состоят из последовательности технологических операций, или стадий технологического процесса. Каждая операция предполагает обработку ткани на определённом технологическом оборудовании и регламентируется соответствующим технологическим режимом (ТР). На стадиях производственного процесса в соответствии с технологической документацией допускается выбор одного из возможных видов оборудования. Каждый технологический режим описывает процесс обработки определённого вида ткани на соответствующем технологическом оборудовании (настройки оборудования, применяемые химматериалы, периодичность замены химрастворов и т.д.).

Одной из задач рационального выбора ресурсов в технологическом процессе производства готовой ткани является задача расчета (уточнения) стоимости затрат химикатов, ТВВ и красителей, в общем случае имеющих стохастический характер, на производство готовой ткани в разрезе себестоимости отдельных технологических режимов и технологических проводок. Порезимный расчёт затрат позволяет решить задачу моделирования оптимального технологического процесса производства ткани; задачу определения оптимального сочетания технологических режимов для процесса производству определенного вида готовой ткани. Для устранения неоднозначности выбора ТР на каждом из этапов ПП поставлена задача многокритериальной оптимизации ПП (в разрезе стоимости ресурсов и/или временных затрат для выпуска заданного количества продукции (тканей)).

1. Математическая модель производственного процесса

Себестоимости отдельных технологических режимов складываются из стоимостей используемых ресурсов (химикаты, красители, ТВВ, энергоресурсы и т.д.).

Общая стоимость расхода химикатов, необходимых на обработку 1000 м.п. по заданному технологическому режиму на определённом оборудовании рассчитывается техническим отделом ОАО “Моготекс” по следующим формулам:

$$St_Xim = \sum_j \sum_i Norm_x_{ij} \cdot Cen_x_i \text{ (руб.)}, \quad (1)$$

$$Norm_x_{ij} = C_{ij} / 100 \cdot (VesTk \cdot Persent_j) + C_{ij} \cdot V_vann_j \cdot num_Sl_j / (N_z \cdot Time_sl_j) \text{ (кг/1т. м.п.)}, \quad (2)$$

где $Norm_x_{ij}$ – норма расхода i -го химиката, используемого в j -й ванне оборудования (кг/1т. м.п.);

Cen_x_i – цена 1-го кг i -го химиката;

C_{ij} – концентрация i -го химиката в j -й ванне (гр./л);



$VesTk$ – вес 1 м.п. суровой ткани (кг);

$Persent_j$ – процент отжима ткани после прохождения j -й ванны (%);

V_vann_j – объём j -й ванны оборудования (л);

num_Sl_j – количество сливов химраствора из j -й ванны в течение периода

$Time_sl_j$ (ч);

N_z – нормированное задание (м.п./ч).

Если принять переменную A за количество химиката №1, уносимое тканью из раствора, тогда:

$$A = (VesTk \cdot Persent \cdot 10) \text{ (кг)},$$

B – расход на 1000 м.п. химиката №1 с концентрацией C_1 , получим:

$$B = C_1 \cdot A / 1000 \text{ (кг/1т. м.п.)},$$

D – количество ткани, производимое за неделю, тогда:

$$D = N_z \cdot D_1 \cdot D_2 \cdot D_3 \text{ (м)},$$

где, N_z – нормированное задание (м\ч), D_1 – восьмичасовая рабочая смена, D_2 – 3 смены в день, D_3 – 5 дней в неделю.

$Ж$ – норма расхода на слив:

$$Ж = (C_1 \cdot V_vann \cdot num_Sl) / (D \cdot 1000),$$

где, V_vann – сливаемый объём, num_Sl – количество сливов в неделю, получим:

$$Norm_X_{ij} = B + Ж \text{ (кг/1т. м.п.)},$$

Собрав все заданные формулы, получим результирующую формулу (2) для расчета нормы расхода химикатов на 1000 м.п.

В технологических режимах производства готовой ткани ОАО “Моготекс” для каждого технологического режима указывается допустимый диапазон изменения расчётной скорости v_ob , м/мин:

$$v_ob \in [S_MIN, S_MAX]. \quad (3)$$

Отдел по труду и заработной плате на основании (3) определяет для дальнейших расчётов некоторое усреднённое значение v_ob :

$$v_ob = 0,5 \cdot (S_MIN + S_MAX) + 1. \quad (4)$$

Согласно технологической документации, концентрации химматериалов C_{ij} допускают изменение в диапазоне (5)

$$C_{ij} \in [\bar{C}_{ij} - \Delta C_{ij}; \bar{C}_{ij} + \Delta C_{ij}], \quad (5)$$

где \bar{C}_{ij} – некоторое среднее значение концентрации, ΔC_{ij} – величина отклонения концентрации от среднего значения.

Задача определения оптимального сочетания технологических режимов для процесса производства определенного вида готовой ткани в разрезе стоимости ресурсов и временных затрат, необходимых для выпуска 1000 м.п., может быть решена



с использованием динамического программирования, как задача определения кратчайшего пути, или минимального расхода ресурсов [1]. Решение задачи достигается согласно методу динамического программирования по принципу оптимальности Беллмана с введением лексикографического упорядочения критериев оптимизации (в разрезе стоимости ресурсов и/или временных затрат для выпуска заданного количества продукции).

Производственные процессы производства готовой продукции (тканей) представляются в виде взвешенный, ориентированных, ациклических графов (рисунок 1), вершинами которых являются технологические режимы; нагрузки на дуги графов интерпретируются как временные затраты, либо стоимости затрат ресурсов на выпуск 1000 м.п. ткани на соответствующем оборудовании.

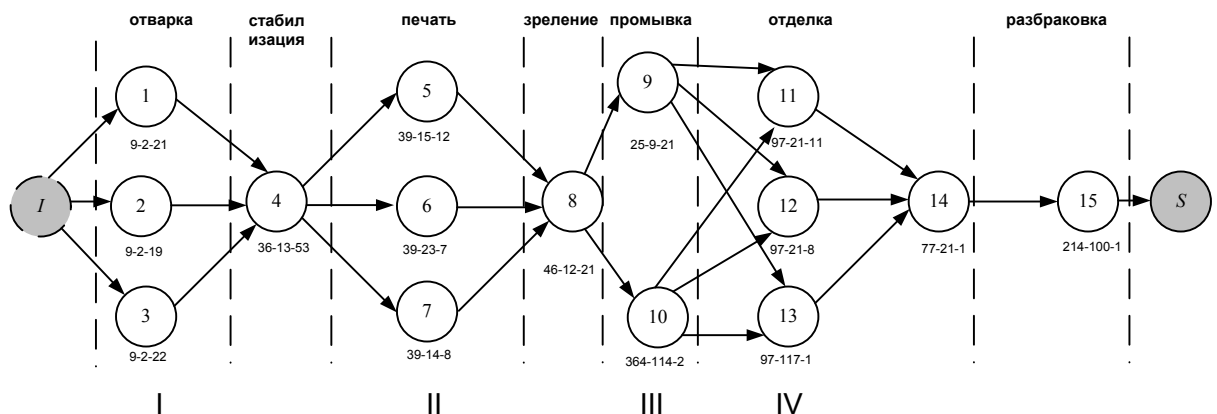


Рисунок 1 - Процесс производства выбранного артикула готовой ткани

Сложность заключается в том, что в производственном процессе крашения тканей набивным способом (ППКТНС) (этапы отделки готовой ткани) – в настоящее время не существует, либо они требуют уточнения, методик расчёта теоретических норм расхода химикатов, ТВВ и красителей.

2. Имитационная модель производственного процесса

Для выбора оптимальных ТР в системе имитации PowerSim [2] построена имитационная модель (ИМ) расчета норм расхода времени и ресурсов на выпуск 1000 м.п. тканей в разрезе отдельных технологических режимов. Каждая стадия процесса производства готовых тканей представлена на отдельном листе построенной ИМ. Определение оптимального сочетания ТР для исследуемой проводки производится на специально созданном листе итогов модели.

На рисунке 2 представлена модель расчета затрат на один из режимов отварки.

Описание констант, переменных, откликов:

Константы:

VesTk – вес ткани:



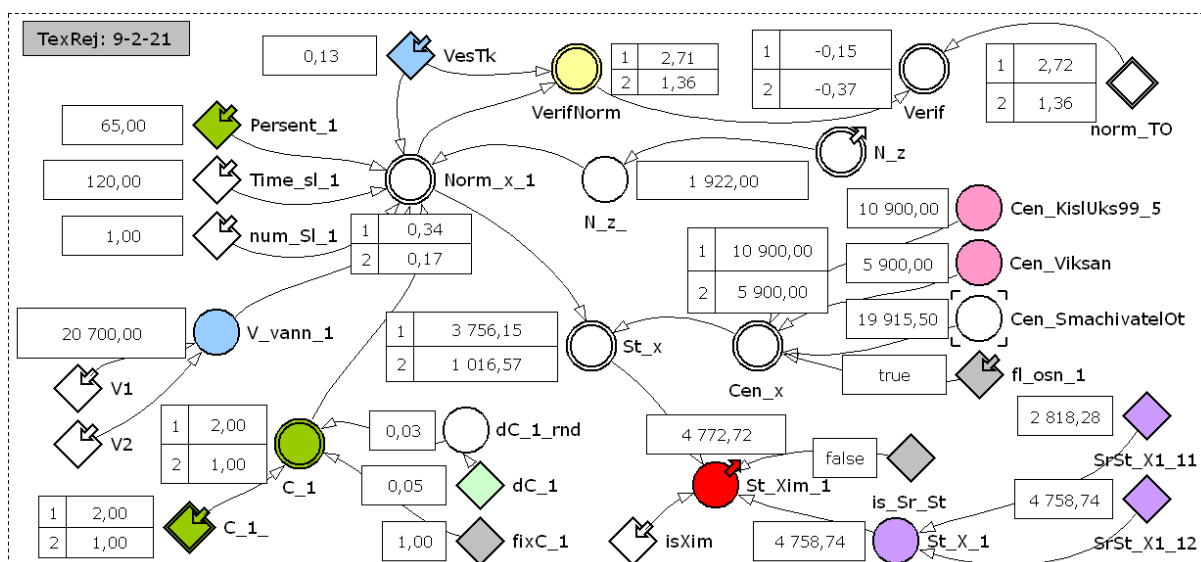


Рисунок 2 - Технологический режим отварки ткани

type VesTk = Real; const VesTk = 0,127.

Persent_1 – процент отжима ткани:

type Persent_1 = Real; const Persent_1 = 65.

Time_sl_1 – время от заливки до слива химраствора, ч:

type Time_sl_1 = Real; const Time_sl_1 = 8*3*5=120.

num_sl_1 – количество сливов химраствора в течение периода Time_sl_1:

type num_sl_1 = Real; const num_sl_1 = 1.

V1, V2 – объёмы 1-й, 2-й ванн с химраствором, соответственно

type V1 = Real; const V1 = 700;

type V2 = Real; const V2 = 20000.

C_1 – вектор концентраций химикатов:

type C_1 = Real; dim C_1 = 1..2; const C_1 = {2; 1}.

fixC_1 – управляющий параметр фиксации среднего значения концентрации химикатов данного ТР.

dC_1 – максимальное отклонение от среднего значения концентрации химикатов.

isXim – управляющий параметр учёта химикатов ТР

type isXim = Integer; const isXim = 1.

fl_osn_1 – признак выбора основного химиката для 1-го ТР отварки при истинном значении, иначе – выбор химиката-аналога, при ложном:

type fl_osn_1 = Logical; const fl_osn_1 = TRUE.

norm_TO – нормы расхода химикатов, рассчитанные технологическим отделом (для верификации имитационно модели).

SrSt_X1_11, SrSt_X1_12 – средние (уточнённые) стоимости химикатов 1-го ТР отварки, 2011 г, 2012 г, соответственно.

is_Sr_St – управляющий параметр учёта средних (уточнённые) стоимостей химикатов ТР.



Переменные кадра: Cen_SmachivatelOt, Cen_KislUks99_5, Cen_Viksan – цены химикатов «Смачиватель ОТ», «Кислота уксусная 99,5%», «Виксан».

type Cen_SmachivatelOt = Real;
aux Cen_SmachivatelOt = IF(GGGGMM=201107;
CenSmachivatelOt_[1]*CoursSmachivatelOt[1];
CenSmachivatelOt_[2]*CoursSmachivatelOt[2]).

Вычисляемые переменные:

Объём ванн с химраствором:

type V_vann_1 = Real; **aux** V_vann_1 = V1+V2.

Нормированное задание (нормы расхода времени на выполнение операций технологических режимов):

type N_z = Real; **dim** N_z = 1..15; **aux** N_z = ROUND(kpv*v_ob*60).

Нормированное задание на 1-й ТР (рассматриваемый в данный момент ТР)

type N_z_ = Real; **aux** N_z_ = N_z[1].

Отклик концентрации химикатов:

type dC_1_rnd = Real; **aux** dC_1_rnd=RANDOM(-1*dC_1;dC_1);

type C_1 = Real; **aux** C_1 = IF (fixC_1=1; C_1_ ; C_1_+dC_1_rnd).

Определение нормы расхода химикатов ТР:

type Norm_x_1 = Real;

aux Norm_x_1 = ((VesTk*Persent_1)/100 +
V_vann_1*num_sl_1/(N_z_*Time_sl_1))*C_1

Определение цен на химикаты ТР в зависимости от рассматриваемого периода:

type Cen_KislUks99_5 = Real;

aux Cen_KislUks99_5 = IF(GGGGMM=201107;
Cen_KislUks99_5_[1]*Cours_KislUks99_5[1];
Cen_KislUks99_5_[2]*Cours_KislUks99_5[2]);

type Cen_Viksan = Real;

aux Cen_Viksan = IF(GGGGMM=201107;
Cen_Viksan_[1]*Cours_Viksan[1]; Cen_Viksan_[2]*Cours_Viksan[2]);

type Cen_x = Real **aux** Cen_x = {Cen_KislUks99_5;
IF (fl_osn_1; Cen_Viksan; Cen_SmachivatelOt)}.

Определение стоимостей отдельных израсходованных химикатов ТР в результате обработки заданного количества ткани:

type St_x = Real; **aux** St_x = Cen_x*Norm_x_1.

St_X_1 – средняя (уточнённая) стоимость расхода химикатов 1-го ТР отварки. Определение уточнённой стоимости в зависимости от рассматриваемого временного периода:

type St_X_1 = Real;

St_X_1=IF(GGGGMM=201107;SrSt_X1_11;SrSt_X1_12).

St_Xim_1 – общая стоимость израсходованных химикатов ТР операции отварки заданного количества ткани (отклик).

type St_Xim_1 = Real;



$$\text{aux St_Xim_1} = \text{IF}(\text{is_Sr_St}=\text{TRUE}; \text{St_X_1}; \text{ARRSUM}(\text{St_x})) * \text{isXim}.$$

Стоимости химикатов TP процесса производства готовой ткани, в общем случае имеют стохастический характер, уточняемый методом Монте-Карло. При этом стохастический характер отклику St_Xim_1 придаёт отклик концентрации химикатов C_1 (Real, Dim= 1..2) участвующий в расчёте отклика St_Xim_1 и зависящий от параметров $C_1_$, dC_1 , $fixC_1$ (где $C_1_$ – средние значения концентраций химикатов, dC_1 – модуль допустимого отклонения от среднего значения концентрации химикатов, $fixC_1 \in \{0, 1\}$) – управляющий параметр фиксации заданных средних значений концентраций химикатов (при $fixC_1=1$ фиксируется среднее значение концентрации):

$$dC_1_rnd = \text{RANDOM}(-1 * dC_1, dC_1), \quad (6)$$

$$C_1 = \text{IF}(fixC_1=1, C_1_, C_1_ + dC_1_rnd). \quad (7)$$

Алгоритмы TP печати имеют детерминированный характер расчёта общих стоимости химматериалов. Параметр $Zakaz_Obl$ (см. рисунок 3) – заказ печатной краски (кг) для каждого из шаблонов рисунка для оборудования TP печати, являются параметрами модели, доопределяемыми на основании анализа статистических данных собираемых непосредственно на объекте исследования.

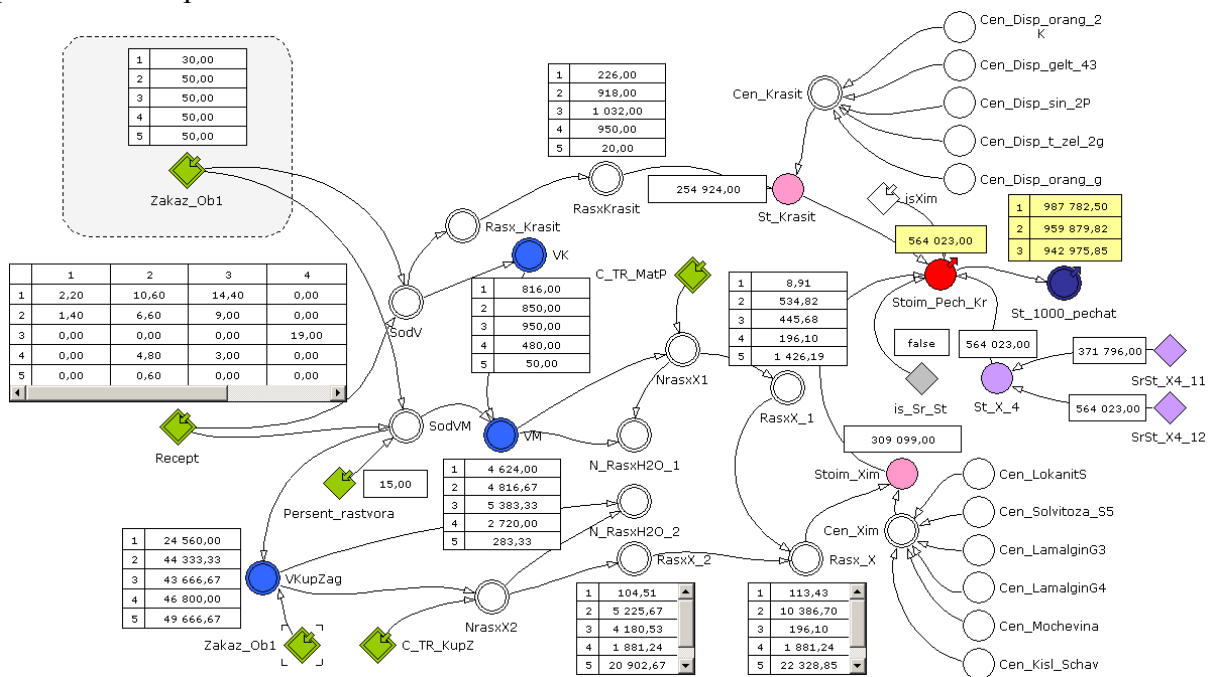


Рисунок 3 - Технологический режим печати на ткани

На рисунке 4 представлен лист итогов исследования имитационной модели.

Переменные синего цвета отражают результаты в стоимости по режимам. Переменные, выделенные жёлтым цветом, показывают суммарный результат на каждой стадии по времени и стоимости в соответствии с выбором критерия оптимизации.

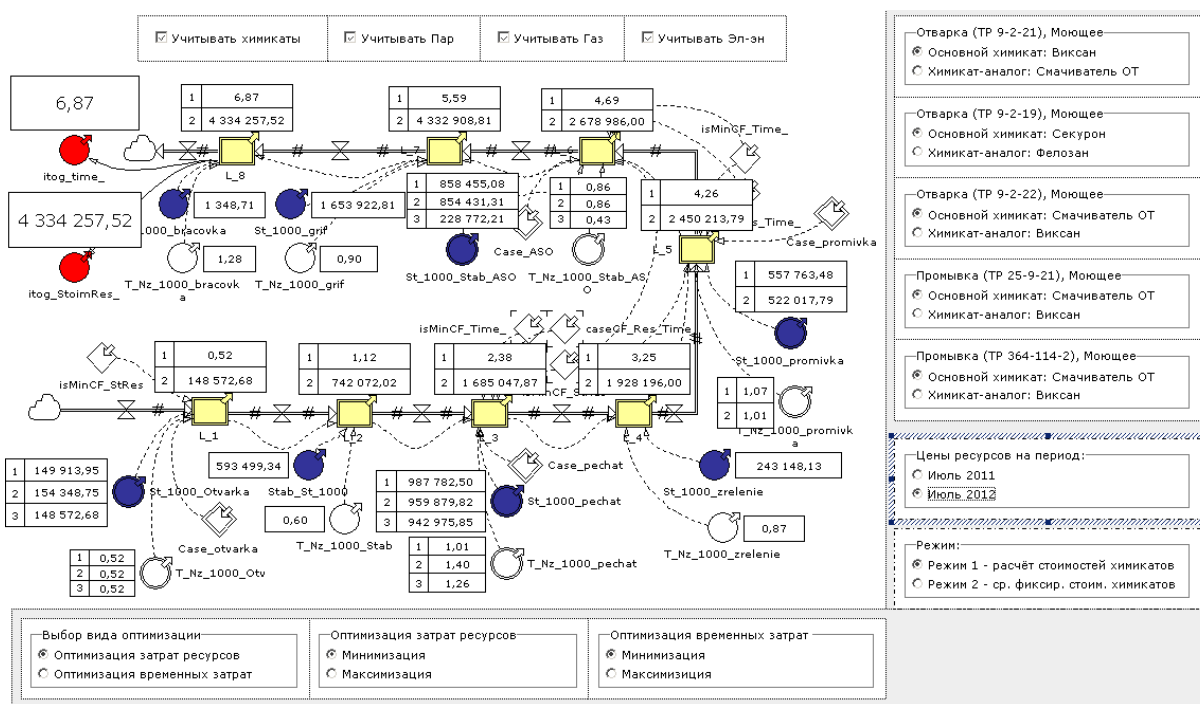


Рисунок 4 - Лист итогов имитационной модели

Переменные красного цвета (рисунок 4) показывают итоговый результат по времени и стоимости. Определение оптимального сочетания ТР производственного процесса производится согласно принципу поэтапной оптимизации Беллмана.

В верхней, нижней областях листа и области справа находятся константы, которые используются в качестве управляющих параметров имитационной модели.

Описание уровней:

- Level_1 - стоимость ресурсов стадии отварки,
- Level_2 - суммарная стоимость ресурсов стадий отварки и стабилизации,
- Level_3 - суммарная стоимость ресурсов стадий отварки, стабилизации, печати
- Level_4 - суммарная стоимость ресурсов стадий отварки,..., зреления,
- Level_5 - суммарная стоимость ресурсов стадий отварки,..., промывки,
- Level_6 - суммарная стоимость ресурсов стадий отварки,..., стабилизацию и антистатической отделки,
- Level_7 - суммарная стоимость ресурсов стадий отварки,..., придания наполненного грифа,
- Level_8 - суммарная стоимость ресурсов стадий отварки,..., разбраковки.

На рисунке 5 представлена область серого цвета – отдельная вкладка ИМ, представляющая собой последовательность переменных-предикатов, указывающих оптимальное сочетание технологических режимов для исследуемого процесса производства.



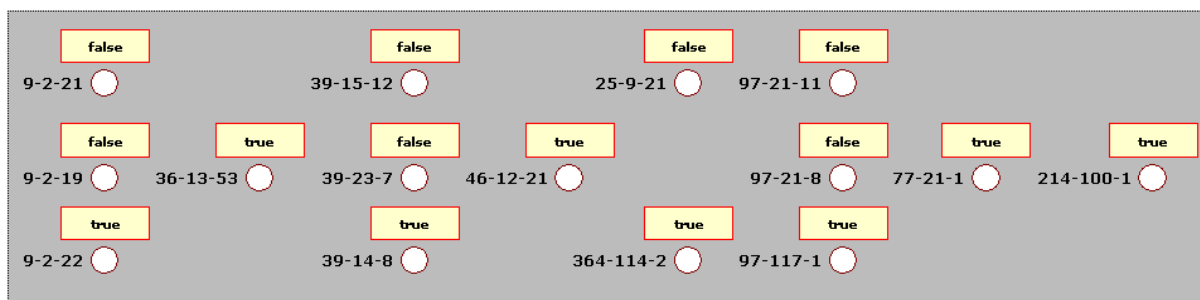


Рисунок 5 - Оптимальное сочетание ТР для процесса производства готовой ткани

3. Процедура уточнения нагрузок на дуги графа ТП

Процедура уточнения нагрузок на дуги графа ТП методом Монте-Карло с использованием специально разработанных моделей их имитации:

Шаг 1. Инициализация значений входных параметров ИМ: параметров технологических режимов; управляющих параметров ИМ. Установка стохастического режима имитации норм расхода ресурсов ТР и обычного режима работы ИМ с полным расчётом по заданным алгоритмам стоимостей затрат ресурсов ($is_Sr_St = False$).

Шаг 2. Запуск эксперимента.

Шаг 3. Выгрузка в КИС предприятия: общих стоимостей s_{ij} потоков рассматриваемых ресурсов в соответствии со значениями управляющих параметров ИМ (например, потоков химикатов).

Шаг 4. Повтор шагов 2,3 не менее 30 раз (согласно методу Монте-Карло);

Шаг 5. Статистическая обработка накопленных результатов моделирования; определение оптимальных значений s_{ij}^* общих стоимостей потоков рассматриваемых ресурсов (химикатов);

Шаг 6. В случае, если на Шаге 5 оптимальные значения s_{ij}^* не определены, рекомендуется отбраковка данных в выборках накопленных значений s_{ij} и последующий возврат к шагам 2, 3, 5.

Шаг 7. Инициализация значений параметров ИМ вида s_{ij}^* с учётом результатов работы шага 5 указанной процедуры. Установка режима оптимизации ТП с учётом уточнённых общих стоимостей ресурсов s_{ij}^* : $is_Sr_St = True$.

Шаг 8. Запуск на выполнение эксперимента ИМ (1 раз); построение последовательности оптимальных состояний ТП на этапах производства готовой продукции; построение последовательности оптимальных управлений ТП производства готовой продукции предприятия.

Шаг 9. Выгрузка результатов работы ИМ в КИС предприятия.

Замечание. Статистическая обработка накопленных результатов моделирования (**Шаг 5**) данных включает: определение и оценку вида распределения совокупности (построение статистической модели распределения выборочных данных с использованием семейств универсальных распределений, особенность которых –



возможность аппроксимации лишь одномодальных и U-образных распределений). В том случае, если распределение симметрично и унимодально, для характеристики центральной тенденции s_{ij}^* применяется математическое ожидание; если не симметрично, но унимодально – структурные средние (мода, медиана). Если распределение многомодально, значение s_{ij}^* не определено, переход к **Шагу 6** процедуры.

4. Интеграция имитационной модели в комплексную информационную систему предприятия

Разработанная имитационная модель интегрируется в комплексную информационную систему (КИС) предприятия посредством применения комплекса программных и информационных средств (рисунок 6) включающих: MS Excel, систему имитации PowerSim, программно-технологический комплекс имитации (ПТКИ) сложных систем BelSim [3], имеющий средства статистической обработки данных, пакет STATISTICA.

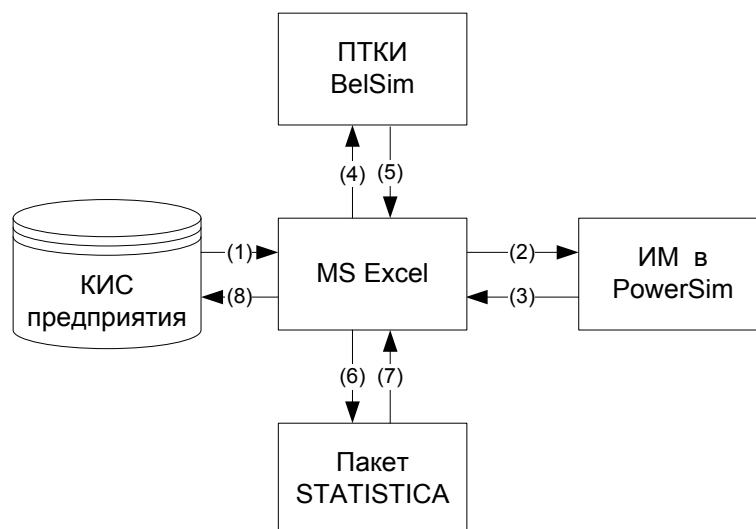


Рисунок 6 - Интеграция имитационной модели в КИС предприятия

Предлагается следующий алгоритм работы построенного комплекса (рисунок 6):

Шаг 1. Выгрузка необходимых данных из КИС предприятия в MS Excel.

Шаг 2. Инициализация переменных ИМ в PowerSim; запуск эксперимента.

Шаг 3. Выгрузка результатов моделирования из PowerSim в MS Excel.

Шаги 4, 6. Передача данных для анализа из MS Excel в BelSim, либо в пакет STATISTICA.

Шаги 5, 7. Выгрузка результатов анализа данных в MS Excel.

Шаг 8. Сохранение полученных результатов в СУБД КИС предприятия.

Некоторые шаги предложенного алгоритма могут пропускаться. Например, возможен упрощённый вариант работы комплекса, без использования анализа данных в ПТКИ BelSim, включающий шаги (1)-(2)-(3)-(8).

Заключение

Разработана имитационная модель (ИМ) процесса производства(ПП) готовой продукции (тканей), отличающаяся реализацией метода оптимизации ПП (с учётом введённых в рассмотрение лексикографически упорядоченных критериев оптимизации ПП и управляющих параметров ИМ) и уточнением нагрузок на дуги графа ПП, в общем случае имеющих стохастический характер, посредством применения метода Монте-Карло и статистического анализа (построение и анализ статистических моделей распределения многомодальных выборок нагрузок на дуги графа), что позволяет программно реализовать метод оптимизации распределения ресурсов.

Итоги моделирования для граничных вариантов обработки:

1) Максимальная суммарная стоимость химикатов (<0-2-4-5-8-10-13-14-15-16>): 1437202 руб (в ценах 2012 г.);

2) Минимальная суммарная стоимость химикатов (<0-3-4-5-8-9-12-14-15-16>): 1354828 руб (в ценах 2012 г.);

3) Применяемое в производстве в данное время сочетание ТР для ПП (<0-1-4-6-8-9-11-14-15-16>): 1360193 руб (в ценах 2012 г.);

Экономический эффект от оптимизации (при производстве 1000 м.п. рассматриваемой группы тканей) за счёт уменьшения стоимости расхода химматериалов на 0,39% соответствует 5365 руб в ценах 2012 г. Годовой экономический эффект при производстве 110242 м.п. для рассматриваемой группы тканей в ценах 2012 года составил порядка 591 тыс.руб.

Список информационных источников

- [1] Йенсен, П. Потокное программирование : пер. с англ. / П. Йенсен, Д. Барнес. – М.: Радио и связь, 1984. – 392 с.: ил.
- [2] Сидоренко, В. Н. Системно-динамическое моделирование в среде Powersim : справ. по интерфейсу и функциям / В. Н. Сидоренко. - М.: МАКС пресс, 2001. - 159 с. : ил.
- [3] Якимов, А. И. Технология имитационного моделирования систем управления промышленных предприятий : монография / А. И. Якимов. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2010. – 304 с.: ил.
- [4] Доронькин, А. В. Моделирование производственного процесса крашения готовых тканей набивным способом / А. В. Доронькин, Д. В. Трынкин; науч. рук.: А. И. Якимов // 48-я студенческая научно-техническая конференция Белорусско-Российского университета: материалы конф., редкол.: И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]; 23-24 мая 2012 г. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2012. – С. 73.
- [5] Борчик, Е. М. Определение оптимального технологического процесса производства готовой ткани / Е. М. Борчик, А. И. Степанов, А. В. Доронькин // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности : материалы междунар. науч.-техн. конф. молод. ученых; редкол.: И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.], Могилев, 17–18 ноября 2011 г. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2011. – С. 208.



Борчик Екатерина Михайловна – ведущий программист управления информационными технологиями, ОАО «Моготекс», Могилев, Беларусь, katrinb15@gmail.com

