

УДК 658.8.027

Разработка имитационной модели для анализа динамики движения материалов и сырья с учетом случайных факторов

Д.И. Левченко (6 курс, каф. АСУ), В.А. Светличная, к.т.н., доц., К.К. Бабич, асс.
Донецкий национальный технический университет
devchonkadasha@yandex.ru

Левченко Д.И., Светличная В.А, Бабич К.К. Разработка имитационной модели для анализа динамики движения материалов и сырья с учетом рисков. Описаны общие факторы динамики движения сырья и материалов, влияющие на расходы предприятия. Предложена имитационная модель, учитывающая данные факторы и позволяющая определить такой объем хранимых на складах предприятия ресурсов, при котором возможно сократить затраты предприятия на хранение сырья и при этом полностью реализовать поставленный производственный план.

Ключевые слова: имитационное моделирование, расход сырья, управление поставками, сокращение запасов, риски.

Общая постановка задачи

Прежде чем готовая продукция попадет конечному потребителю, она проходит производственный цикл, начиная от сырья (полуфабриката) и заканчивая готовой продукцией. Учитывая, что ситуация на рынке носит непредсказуемый характер это отражается на производственном процессе.

Чтобы производство не остановилось из-за отсутствия запасов сырья, по причине увеличения резкого спроса или перебоев в снабжении, на предприятии создаются запасы. Если бы производственный процесс функционировал как единый конвейер, то потребности в запасах сводились к нулю. В реальной жизни этого не происходит.

Создание запасов всегда сопряжено с дополнительными финансовыми расходами.

Затраты, связанные с созданием и содержанием запасов можно разбить на несколько групп:

- отвлечение части финансовых средств на поддержание запасов;
- расходы на содержание специально оборудованных помещений (складов);
- оплата труда специального персонала;
- дополнительные налоги;
- постоянный риск порчи, наличия просроченного товара, хищения.

В свою очередь отсутствие необходимого объема запасов приводит также к расходам, которые можно определить в следующей форме потерь:

- потери от простоя производства,

- потеря от упущенной прибыли из-за отсутствия товара на складе в момент возникновения повышенного спроса,

- потери от закупки мелких партий товаров по более высоким ценам;

- потеря потенциальных покупателей и др.

Кроме финансовых расходов, связанных с формированием запасов, предприниматель должен руководствоваться конъюнктурой рынка.

По перечисленным выше причинам предприниматели, как в торговле, так и в промышленности, отдают предпочтение созданию запасов, так как в противном случае увеличиваются издержки обращения, т.е. уменьшается прибыль [1].

Постановка задачи исследования

Страховые запасы служат своего рода «аварийным» источником снабжения в тех случаях, когда на процесс производства и реализации начинают влиять случайные факторы. На практике спрос на товары удается точно спрогнозировать чрезвычайно редко. Это же относится и к точности предсказания сроков реализации заказов. Отсюда и необходимость в создании страховых товарно-материальных запасов.

Создание запасов требует дополнительных финансовых затрат. Поэтому возникает необходимость в сокращении этих финансовых затрат с помощью достижения оптимального баланса между объемом запаса с одной стороны, и финансовыми затратами с другой.

Этот баланс достигается выбором оптимального объема партий заказанных товаров или определением экономического (оптимального) размера заказа [2].

На крупных предприятиях, выпускающих большие объемы продукции различных наименований, целесообразным является использование компьютерных логистических систем.

Такая система включает в себя ряд достаточно объемных задач:

- учет выпуска продукции;
- учет продаж продукции и остатков;
- планирование производства;
- учет запасов;
- управление запасами.

Задача управления запасами проектируется для непрерывного обеспечения производства каким-либо видом материального ресурса. Реализация этой цели достигается решением следующих задач:

- учет текущего уровня запаса на складах различных уровней;
- определение размера гарантийного (страхового) запаса;
- расчет размера заказа;
- определение интервала времени между заказами.

Решению данной задачи посвящен целый ряд работ и исследований [1-7]. В основном в качестве решений предлагаются математико-экономические модели, с помощью которых по статическим выражениям рассчитываются требуемые параметры запасов и поставок. Эти модели не учитывают все случайные факторы, которые можно было бы учесть с помощью имитационной вероятностной модели. Исследование процесса динамики поставок и расхода сырья с помощью такой модели позволит оценить и учесть риски при определении модели поставок, а также определить рациональные объемы страховых запасов.

Основная часть

Для анализа динамики поступлений и расхода материалов и сырья с учетом случайных факторов, влияющих на ритмичность функционирования предприятия и, как следствие, на движение его финансовых потоков, была разработана имитационная модель.

Данная модель позволяет проследить зависимость затрат предприятия от гарантийного уровня запаса сырья на складах предприятия и на основании этой зависимости определить оптимальный уровень запасов сырья. При разработке имитационной модели были проанализированы особенности работы предприятия, а именно используемые модели

управления сырьем, особенности производства продукции, «поведение» при недостаточном количестве сырья и основные составляющие расходов предприятия.

Основная деятельность рассматриваемого предприятия связана с производством продукции, а именно пива и пивосодержащих напитков. Логично предположить, что поступление и расход сырья на этом предприятии напрямую связаны с составленным производственным графиком предприятия. При этом поступление продукции необходимо организовать так, чтобы производственный график был выполнен в полной мере и с минимальными задержками. Производственный график составляется при планировании работы предприятия на будущие периоды. При составлении производственного графика учитываются объемы продукции, которые нужно поставить по уже имеющимся договорам на поставку, а так же спрогнозированный объем продаж на планируемый период. Прогноз объемов продаж необходим, т.к. предприятием заключаются не только долгосрочные договора на поставку продукции, но и краткосрочные (сезонные), т.к. спрос на продукцию предприятия может колебаться в зависимости от времени [3].

В зависимости от объемов продукции, которые необходимо произвести, и особенностей производства составляется производственный график. Основным отличием данного производства является то, что продукция производится партиями, и нецелесообразно запускать производственные линии для слишком маленькой партии продукции, да и максимальный объем производимой в день продукции ограничен физическими возможностями оборудования и работников предприятия. Составленный производственный график служит основой для дальнейшего анализа влияния динамики движения сырья и материалов на складах предприятия на некоторые затраты предприятия (издержки).

При разработке модели были выделены следующие группы издержек:

- издержки производства – затраты на производство единицы продукции;
- издержки хранения – затраты на хранение единицы сырья;
- издержки доставки – плата за сырье и его доставку;
- издержки недостатка сырья – недополученная прибыль из-за простоя производства.

Приведенные группы издержек являются основными и общими для большого количества предприятий.

Управление запасами на рассмотренном предприятии выполняется с использованием системы управления запасами с фиксированным

объемом поставок. В этой системе акцент делается на размере заказа, он является основополагающим параметром и определяется в первую очередь. Размер заказа строго зафиксирован и не меняется ни при каких условиях. Заказ подается в момент, когда текущий запас достигает порогового уровня. Если поступивший заказ не пополняет запас до порогового уровня, то новый заказ производится в день поступления заказа.

Существует довольно много методов расчета оптимального размера заказа. Одним из наиболее распространенных методов является использование формулы Вилсона [6]. Однако каким бы ни был размер поставки сырья, его необходимо где-то хранить до потребности в нем. Для хранения сырья недостаточно арендовать помещение под склад, необходимо обеспечить и важно соблюдать в этом помещении определенные условия для надлежащего хранения сырья. Т.к. его повреждения или порча может привести к дополнительным затратам (в основном на заказ новой партии сырья).

Для расчета стоимости хранения сырья, специалисты советуют использовать следующую формулу [7]:

$$Z_{\text{хран.}} = ST_{\text{хран. уд.}} * T_{\text{оборот. запасов}} * V_{\text{исп. сырья}} \quad (1)$$

где $Z_{\text{хран.}}$ – затраты на хранение данного сырья;

$ST_{\text{хран. уд.}}$ – удельная стоимость хранения – это тот объем затрат, который осуществляется на единицу склада в единицу времени. Как правило, за единицу времени принимается 1 день. Единица измерения этого параметра – рубль на ед. складской мощности в один день.

$T_{\text{оборот. запасов}}$ – период оборота запасов – это промежуток времени с момента фактического прибытия партии на склад до момента использования сырья из этой партии, обычно измеряется в днях.

$V_{\text{исп. сырья}}$ – объем сырья, перемещенного со склада в единицах складской мощности.

Как было сказано выше, заказ на поставку сырья подается в момент, когда текущий запас достигает порогового уровня. Пороговый уровень запаса определяется следующим образом:

$$Z_{\text{пор}} = Z_{\text{гар}} + Z_{\text{ож.д.}}, \quad (2)$$

где $Z_{\text{гар}}$ – гарантийный уровень сырья, т.е. страховой запас сырья, который должен всегда быть в наличии на складе на случай задержки поставки;

$Z_{\text{ож.д.}}$ – ожидаемый объем потребления сырья за время поставки заказа.

Ожидаемый объем потребления сырья за время поставки заказа равен произведению ожидаемого объема потребления сырья в день и времени доставки. Т.к. объемы потребления сырья в день колеблются мало, ожидаемый расход сырья в день можно рассчитать как среднее арифметическое объемов потребления сырья в день за планируемый период.

Т.к. основной целью использования имитационной модели является сокращение затрат на хранение продукции без ущерба для прибыли предприятия и его авторитета перед покупателем, во время работы с моделью изменяется значение гарантийного запаса сырья, а пороговый его уровень определяется по выше приведенной формуле.

При моделировании работы предприятия акцент делается на текущем уровне запаса, суммарных затратах предприятия и выполнении составленного производственного графика. Период времени, за который моделируется работа предприятия, определяется пользователем. С учетом особенностей работы предприятия этот период колеблется от двух недель до месяца. Также пользователем определяется максимальное значение гарантийного запаса, объем переходящего запаса, минимальный и максимальный объем производства в день, объем поставки сырья и сроки его доставки. Т.к. доставка сырья может быть задержана, указывается не только время доставки продукции в срок, но и количество дней возможной ее задержки, а также вероятность задержки поставки. Вероятность задержки поставки определяется экспертом на основании опыта сотрудничества с данным поставщиком, либо отзывах о нем. Блок-схема работы модели в общем виде представлена на рисунке 1.

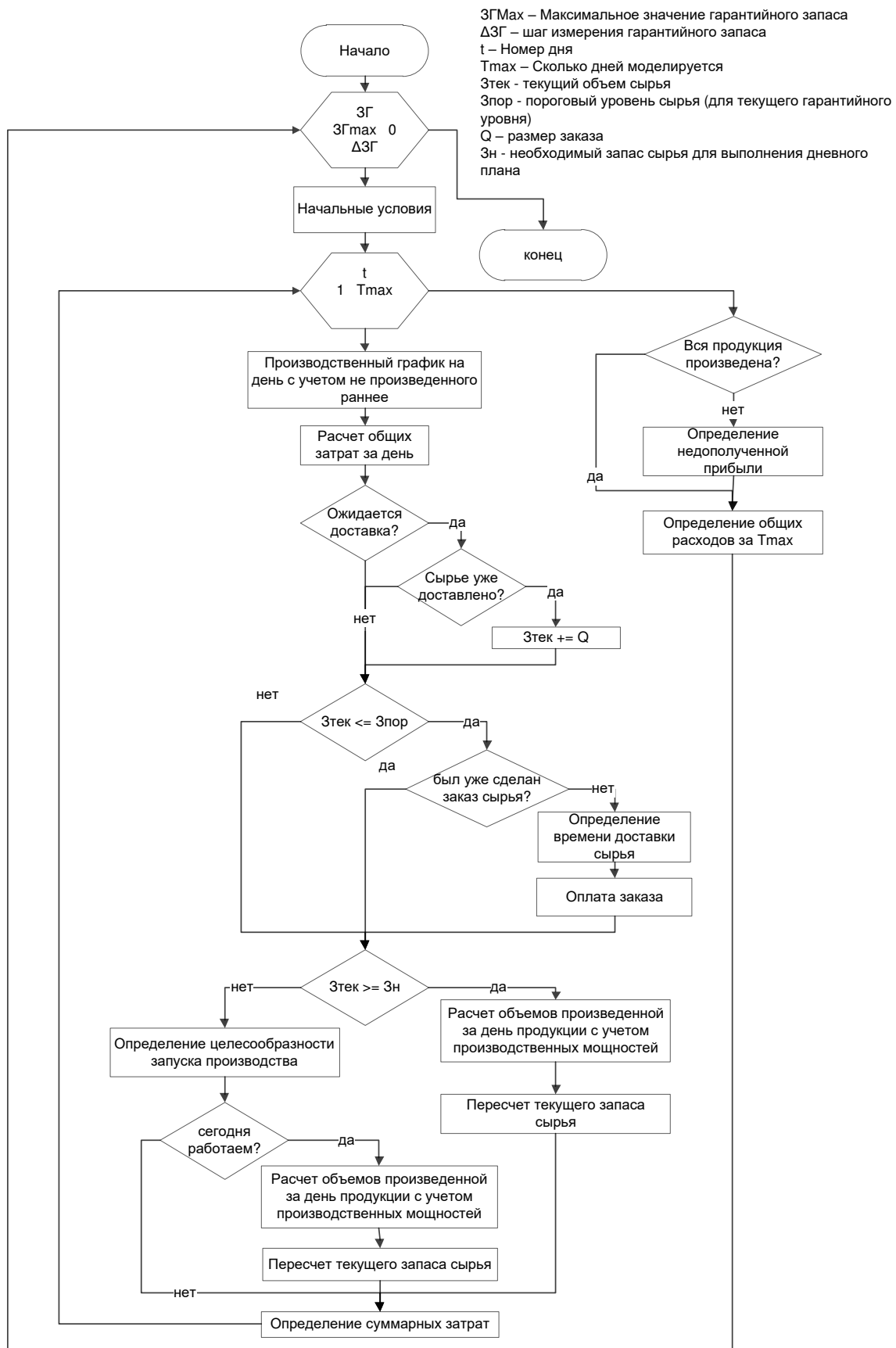


Рисунок 1 – Блок-схема работы имитационной модели

При определении начальных условий выполняется расчет порогового уровня запаса ($Z_{\text{пор}}$) для текущего значения гарантийного запаса ($ZГ$), устанавливается текущий объем запаса сырья ($Z_{\text{тек}}$), равный объему переходящего запаса. Как видно на блок-схеме, во время работы модели основными являются 2 цикла: цикл по уровню гарантийного запаса и цикл по дням (для оценки деятельности предприятия за определенный период времени). Ежедневно на предприятии в начале рабочего дня определяется производственный план (блок «производственный график на день с учетом непроизведенного ранее»). Делается это для того, чтобы учесть возможное отставание от производственного плана в предыдущие дни (в основном из-за нехватки сырья). В этом блоке к плановому объему производства прибавляется объем непроизведенной ранее продукции и определяется суммарный объем сырья, необходимый для выполнения нового дневного плана. Далее выполняется расчет общих затрат за день. В состав этих затрат входит заработная плата сотрудникам (среднее значение за день), издержки на хозяйственные нужды (электричество, вода и др.), а также стоимость хранения сырья.

Поскольку поставки сырья выполняются в большинстве случаев в начале рабочего дня, далее выполняется проверка, не ожидается ли «сегодня» новой поставки. Если сырье доставлено, текущий запас сырья ($Z_{\text{тек}}$) увеличивается на размер поставки (Q). Также в начале рабочего дня определяется достаточно ли сырья на предприятии для дальнейшей его работы. Эта проверка выполняется в два этапа. Первый этап – долгосрочный, в нем сравниваются значения текущего запаса сырья и его порогового уровня. Если текущее значение запаса ниже или равно пороговому уровню, и заказ на поставку продукции еще не был сделан, то оформляется заказ на поставку продукции и сразу же оплачивается. Время получения заказа определяется на основании времени поставки товара, времени его возможной задержки и вероятности задержки товара, которые вводятся пользователем. Таким образом, модель учитывает и случайные факторы, влияющие на работу предприятия.

На втором этапе проверка выполняется для определения достаточности текущего запаса для выполнения намеченного производственного плана. На этом этапе работы модели очень важно

учитывать особенности производства, а именно минимальный и максимальный уровни производимой за день продукции. Если объемов сырья недостаточно для выполнения производственного плана, проверяется целесообразность запуска производственных линий, т.е. сравнивается значение объема выпуска по производственному плану со значением минимального объема производства за день. Если объем производства по плану ниже, производство продукции откладывается на следующие периоды времени. Блок схема расчета произведенного объема продукции представлена на рисунке 2.

Если объема сырья достаточно для производства продукции, то «производство» выполняется по производственному плану, но не более максимально возможного значения в день, и выполняется пересчет текущего запаса сырья.

Блок схема расчета произведенного объема продукции представлена на рисунке 3.

После того, как выполнено моделирование работы предприятия на указанный пользователем период, необходимо проверить был ли выполнен в полной мере намеченный производственный план. Если нет, необходимо определить объем потерь от дефицита продукции, который будет следствием полученной в результате моделирования работы предприятия [5]:

$$C_{\text{потерь}} = V_{\text{дефицита}} \cdot R_{\text{продаж}} + T_{\text{дефицита}} \cdot \dots \quad (3)$$

где $C_{\text{потерь}}$ – сумма потерь от дефицита товара
 $V_{\text{дефицита}}$ – объем дефицита товара
 $R_{\text{продаж}}$ – рентабельность продажи товара
 $T_{\text{дефицита}}$ – период дефицита товара
 Т.к. в момент, на который выполняется расчет потерь от дефицита работа модели для текущего гарантийного уровня запаса ($ZГ$) считается оконченной, время дефицита товара равно единице, т.е. учитываются потери от дефицита товара только за день.

После определения величины потерь от дефицита товара, в модели суммируются все затраты, связанные с текущим гарантийным уровнем запаса, т.е. затраты на заработную плату сотрудникам, хозяйственные нужды, за поставку сырья и его хранение, потери от недостаточного уровня запаса сырья. Полученные суммарные затраты для текущего уровня гарантийного запаса запоминаются и выполняются аналогичные расчеты для следующего уровня гарантированного запаса.

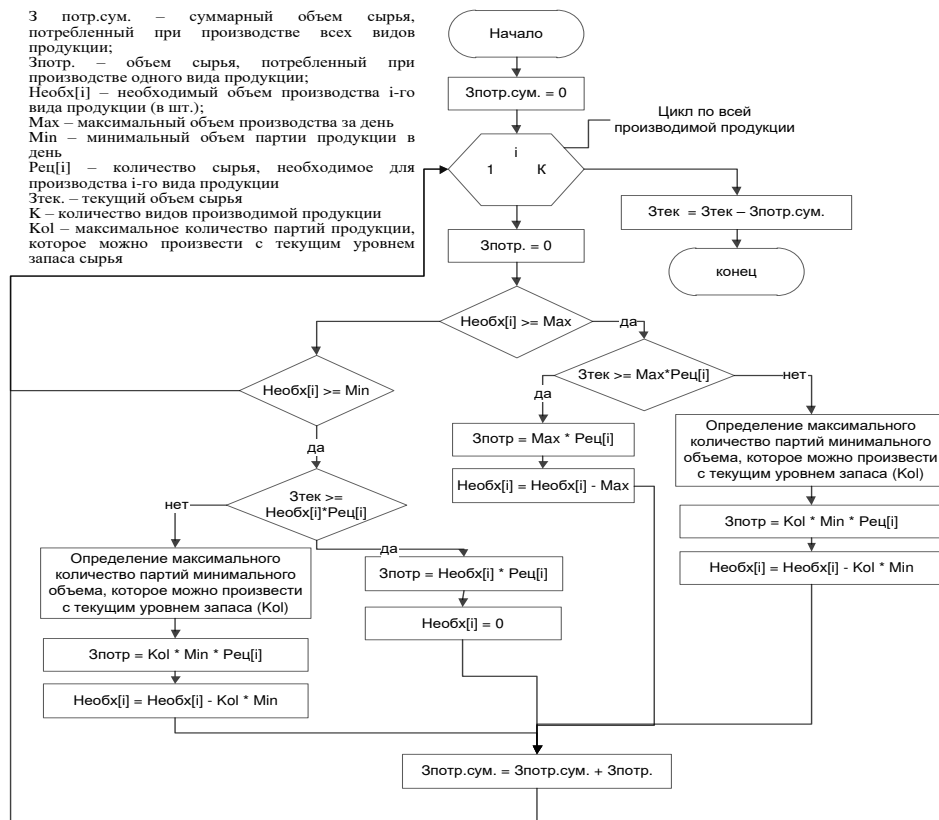


Рисунок 2 - Блок схема определения произведенного объема продукции при недостаточном текущем объеме запасов сырья

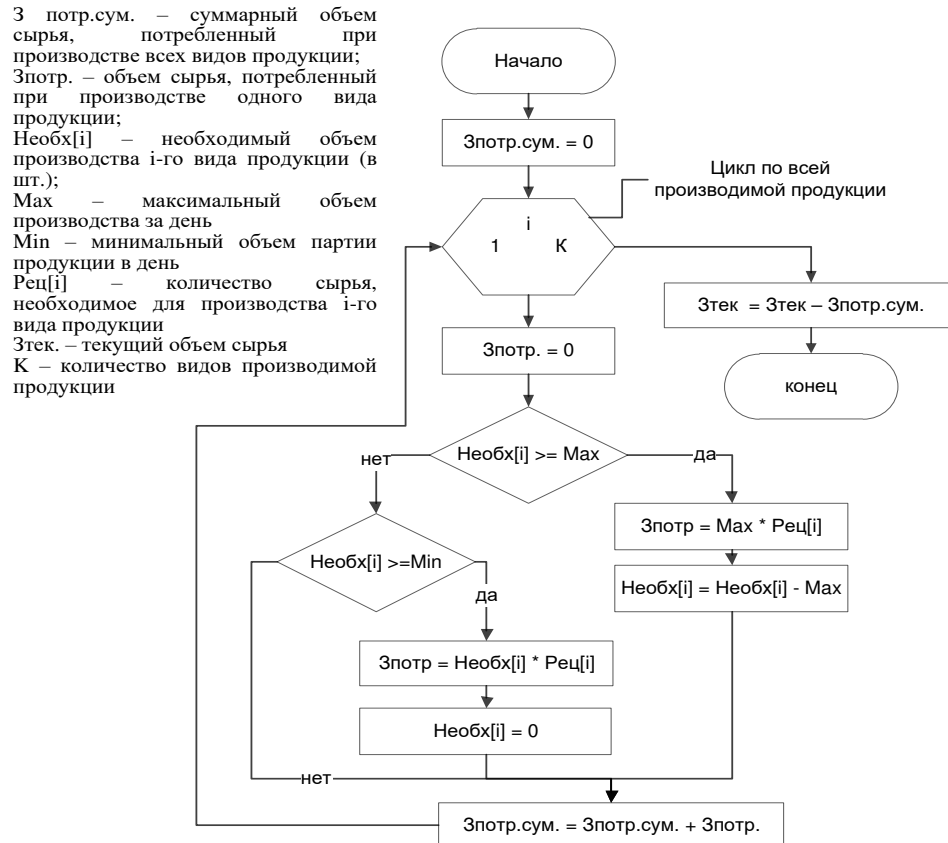


Рисунок 3 - Блок схема определения произведенного объема продукции при достаточном текущем объеме запасов сырья

Результатом работы имитационной модели является история расходов сырья и его поставок, график расхода сырья и график зависимости общих расходов от гарантийного уровня запасов. Окно программы с результатами работы имитационной модели представлено на рисунке 4. График расхода сырья отображается для гарантийного уровня запаса, при котором затраты были минимальными.

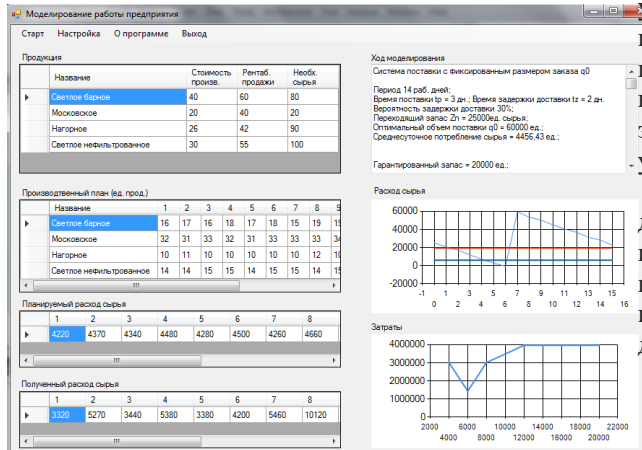


Рисунок 4 – Результат работы имитационной модели

Основным результатом работы является зависимости общих расходов от гарантийного уровня запасов (рисунок 5). На этом графике ниспадающая часть отображает затраты, по большей части состоящие из затрат на хранение сырья, текущих затрат (зарплата и хозяйственные затраты) и издержек недостатка сырья. Восходящая же часть отображает затраты, в большей степени состоящие из затрат на хранение сырья и производство новой продукции.

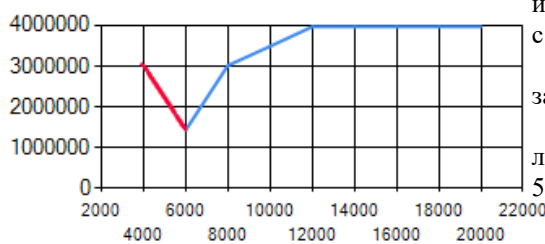


Рисунок 5 – График зависимости объемов затрат от граничного уровня запаса сырья

На графике (рисунок 5) видно, что для данного производственного плана оптимальным уровнем гарантийного запаса является значение близкое к 6000 ед., т.к. в этой точке сведены к минимуму затраты на хранение сырья и сохраняется прибыль от произведенной продукции, а также авторитет предприятия перед покупателем. Результаты работы предложенной имитационной модели могут использоваться в

качестве исходных данных для системы поддержки принятия решений о выборе системы управления запасами, объема и сроков поставок сырья и материалов.

Выводы

В данной работе представлена имитационная модель для анализа динамики поступлений и расхода материалов и сырья с учетом случайных факторов, результатом работы которой является история расходов сырья и его поставок. Результаты могут быть представлены как в текстовом виде, так и в виде графика зависимости общих расходов от гарантийного уровня запасов.

Полученные с помощью модели данные дадут возможность используя методы поддержки и принятия решения определять наиболее приемлемые параметры запасов, хранения и поставок сырья и материалов в условиях динамично меняющегося производства.

Литература

1. Логистика в малом бизнесе: Электронное учебное пособие [Электронный ресурс] // URL: <http://www.dist-cons.ru/modules/logistic/section7.html>;
2. Системы управления материальными запасами [Электронный ресурс] // URL: <http://logistic-info.ru/upravlenie-zapasami.html>;
3. Д.И. Левченко, В.А. Светличная Выбор метода прогнозирования для компьютеризированной подсистемы управления запасами сырья пищевого предприятия // Компьютерная и программная инженерия (КПИ-2015) / Материалы международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. — Донецк, ДонНТУ — 2015, с. 238-241.;
4. Зеваков А.М. Логистика материальных запасов и финансовых активов: Питер – 2005г.;
5. Моисеева Н.К. Экономические основы логистики: Учебник. – М74М.: ИНФРА-М, 2008. – 528 с. – (Высшее образование);
6. Стерлигова А.Н. Оптимальный размер заказа, или Загадочная формула Вильсона // Логистик & система. - №2. - С. 64-69. - №3. - С. 62-71. – 2005;
7. БОРГЕР Как рассчитать затраты на хранение товара [Электронный ресурс] // URL: <http://bor-ger.ru/kak-rasschitat-zatraty-na-hranenie-tovara/>

Левченко Д.И., Светличная В.А, Бабич К.К. Разработка имитационной модели для анализа динамики движения материалов и сырья с учетом рисков. Описаны общие факторы динамики движения сырья и материалов, влияющие на расходы предприятия. Предложена имитационная модель, учитывающая данные факторы и позволяющая определить такой объем хранимых на складах предприятия ресурсов, при котором возможно сократить затраты предприятия на хранение сырья и при этом полностью реализовать поставленный производственный план.

Ключевые слова: имитационное моделирование, расход сырья, управление поставками, сокращение запасов, риски.

Levchenko D., Svitlychna V., Babich K. Development of the risk-based simulation model to analyze dynamics of the income and consumption of raw materials. The general factors of raw materials and materials movement that affecting costs of the company were described. A simulation model that takes into account these factors and allows to define the best volume of raw materials in the warehouses of the enterprise was offered. Use of simulation results will allow to lower costs of the enterprise of raw materials storage and completely realize the delivered production plan

Keywords: simulation, consumption of raw materials, supply chain management, inventory reduction, risks.

Статья поступила в редакцию 20.11.2016
Рекомендована к публикации д-ром техн. наук В.Н. Павлышом