

UDC 658.74.018.2

Bulgakova I.N., Simakova A.E. Information support for the operational inventory management system with a limited shelf life when using the Vendor Managed Inventory concept

Информационная поддержка системы оперативного управления товарными запасами с ограниченным сроком хранения при использовании концепции Vendor Managed Inventory

Bulgakova Irina Nikolaevna,

Doctor of Economics, Associate Professor of the Department of System Analysis and Management,
Voronezh State University,
Voronezh, Russia

Simakova Anastasia Egorovna,

Master's student,
Voronezh State University,
Voronezh, Russia

Булгакова Ирина Николаевна,
Доктор экономических наук, доцент кафедры системного анализа и управления,
Воронежский государственный университет,
г. Воронеж, Россия

Симакова Анастасия Егоровна,
магистрант,
Воронежский государственный университет,
г. Воронеж, Россия

Abstract. *In the production of perishable products or the use of perishable raw materials, large manufacturers face the problem of organizing supplies and forming stocks, taking into account such specific resources. Product expiration dates are key to optimizing and synchronizing supply and production processes. An approach to optimizing supply based on the VMI-technology of joint inventory management with an extended module for monitoring stocks of perishable products is proposed. It is noted that monitoring should be carried out according to a certain algorithm based on an economic and mathematical model for managing stocks of perishable products. The developed system for the operational management of commodity stocks provides the calculation of the optimal proportions of the purchase, storage and sale of perishable products.*

Keywords: *perishable products, inventory management, VMI-interaction, supply chain, operational control, operational management system*

Аннотация. *При производстве скоропортящейся продукции или использовании скоропортящегося сырья перед крупными производителями возникает проблема организации поставок и формирования запасов с учетом такой специфики ресурсов. Сроки годности продукции являются ключевыми при оптимизации и синхронизации процессов поставок и производства. Предложен подход к оптимизации поставки на основе VMI-технологии совместного управления запасами с расширенным модулем мониторинга запасов скоропортящейся продукции. Отмечено, что мониторинг должен проводиться по определенному алгоритму, основанному на экономико-математической модели управления запасами скоропортящейся продукции. Разработанная система оперативного управления товарными запасами обеспечивает расчет оптимальных пропорций закупки, хранения и продажи скоропортящихся продуктов.*

Ключевые слова: *скоропортящаяся продукция, управление запасами, VMI- взаимодействие, цепь поставок, оперативный контроль, система оперативного управления*

Введение

Наличие необходимого количества товарных запасов играет ключевую роль в стабильном функционировании организации, выполнении планируемого товарооборота, в обеспечении потребностей клиентов. Принимать решение об оптимальном уровне товарных запасов приходится по целому набору критериев, таких как частота поставки, её минимальный и максимальный объем, условия оптимизации, режим передачи информации, уровни страхового, минимального и максимального размера запаса, потери продукции, связанные с истекшим сроком годности. Базовой платформой для решения данной проблемы могут стать методы, используемые в теории управления запасами. Исторически и методологически сложилось так, что теоретические исследования и направления практической реализации в области управления запасами развиваются по двум основным направлениям, а именно - в прикладной логистике [1, 5, 8, 15] и теории управления запасами [2, 11, 12, 17]. Как правило, в подобных исследованиях делается акцент в основном на производственные системы с детальным анализом присущим им закономерностям, что подчеркивается авторами [8, 9, 10, 12, 18]. В работах А.С. Кокина и В.Н.Ясенева был предложен метод постоянного заказа, который также исходил из нахождения баланса между затратами на хранение запасов и убытками от ситуаций дефицита товарной продукции [7]. Отдельно хочется отметить работу [16], авторы которой отказываются от традиционного целевого критерия минимизации издержек хранения и дефицита и предлагают использовать стратегию «поддержки минимально необходимого уровня товарных запасов для обеспечения бездефицитных продаж».

В большей части подходов предлагаемые решения используют аппарат теоретической математики, ограничиваются категорией запасов, локализованных на участке «производство-склад-производство», не учитывают специфику организации процесса доставки и реализации продукции в рамках существующей логистической цепи. По мнению Рыжикова Ю.И. [12] «только в 45% работ сформулированные задачи доведены до практического решения».

Методы и методики

Результаты исследований в области тенденций развития управления цепями поставок на ближайшую перспективу показывают необходимость обеспечения прозрачности цепей поставок. В общем случае прозрачность цепи поставок (SC Transparency) – это обеспечение полной и достоверной информации о параметрах материального, информационного и финансового потоков во всех звеньях цепи [6, 13, 14]

Интенсивная цифровая трансформация требует переосмысления и развития методологии и научного инструментария проблематики контроля и мониторинга ключевых бизнес-процессов цепей поставок сетевой розницы. Естественно, что они должны базироваться на уже хорошо отработанных методологических принципах логистики и управления цепями поставок.

В этом случае наиболее оптимальным подходом можно считать использование логистической системы управления спросом и пополнения запасов VMI (Vendor Managed Inventory - запасы, управляемые поставщиком). В основе данной методологии

заложено предположение, что поставщик имеет доступ к информации о запасах потребителя, и планирует за него заказы на закупку, т.е. переводит на себя функции потребителя в управлении запасами (рис.1-2).

При инвентаризации, управляемой поставщиком, искажение информации о спросе (известное как эффект хлыста), передаваемое от нижестоящего участника цепочки поставок (например, розничного продавца - ритейлера) вышестоящему участнику (например, поставщику), сводится к минимуму, ситуации с отсутствием запасов происходят реже, а затраты на их хранение снижаются.

Кроме того, в цепочке поставок VMI-технологии у поставщика есть право контроля над последующими решениями об очередных поставках. Следовательно, данный подход предлагает основу для синхронизации решений о запасах и транспортировке.

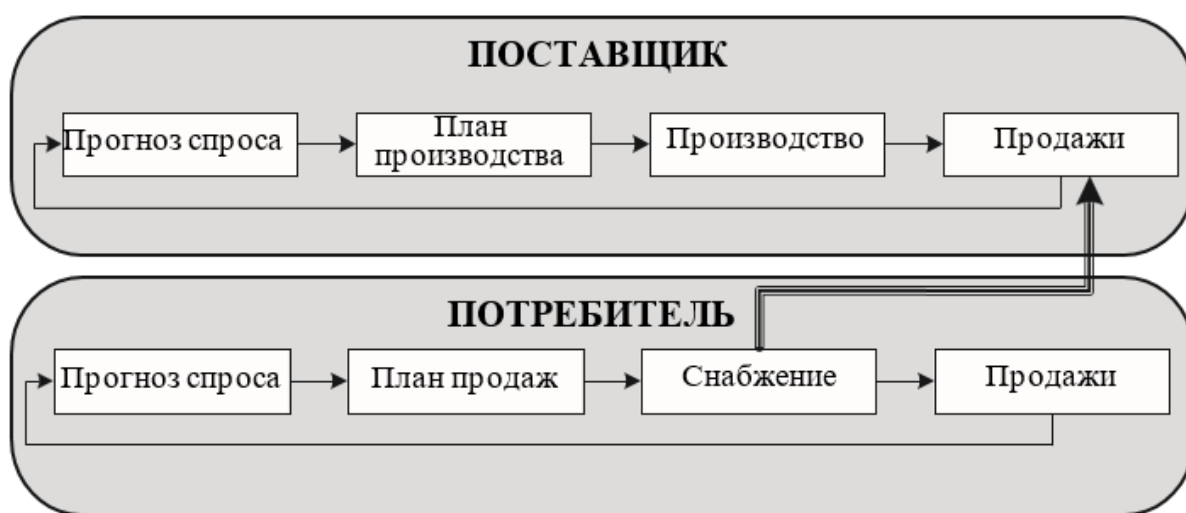


Рисунок 1 - Традиционная схема взаимодействия Поставщик - Потребитель

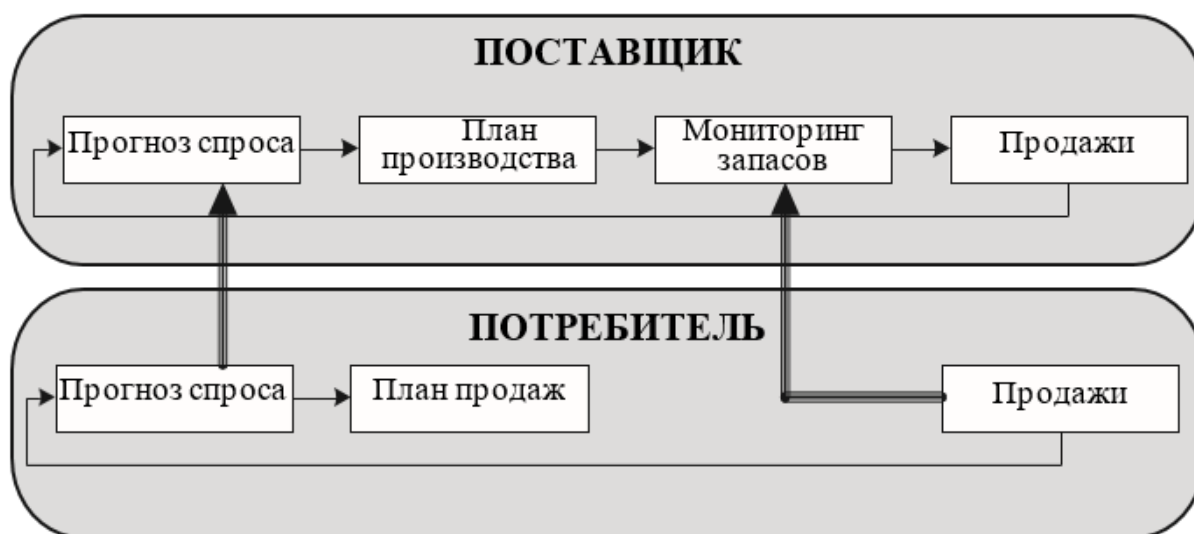


Рисунок 2 - VMI - схема взаимодействия Поставщик - Потребитель

В данной схеме цепочки снабжения, когда несколько позиций ассортимента передаются от одного поставщика к одному потребителю, существует наличие лимитов по числу заказов и ограничение по бюджету.

Задача по оптимизации управления скоропортящейся продукции сводится к разделению на две подзадачи: минимизация объема текущей партии, срок годности которой подходит к концу, и максимизация прибыли таким образом, чтобы при осуществлении закупки следующей партии были учтены остатки текущей партии и ее срок годности [3, 4, 19].

Результаты

В нашем предположении система информационной поддержки деятельности торговых предприятий должен быть основан на следующей модели управления запасами скоропортящейся продукции [19]. Для обоснования предлагаемой модели введем следующую величину $x_i^k(t)$ - объем закупок k -й торгово-посреднической фирмы (ТПО) i -й ассортиментной позиции у производителя в момент времени t .

Производитель поставляет продукцию ТПО мелким оптом и в розницу, однако существует ограничение на минимальный объем заказа порог рентабельности, зависящий от типа торговой фирмы. Так, средняя за неделю сумма заказа должна превышать средние постоянные издержки (условие (1)) по всем торговым фирмам

$$\sum_{t=t_0}^{T_0+6} \sum_{i=1}^I x_i^k(t)(p_i + \Delta p) \geq \frac{G_0}{K}(1 + \Delta_k) \quad (1)$$

где:

Δp - изменение цены/себестоимости;

G_0 - постоянные издержки предприятия;

Δ_k - индивидуальный порог рентабельности k -ой ТПО;

K - общее число торговых представителей, работающих с данной организацией;

t_0 - понедельник рассматриваемой недели.

Это соотношение не входит в ограничение модели, а лишь показывает специфику работы предприятия. В случае невыполнения этого ограничения работать с данной ТПО не выгодно.

Закупка продукции у производителя осуществляется по мере окончания продукции предыдущей закупки. Закупка включает в себя заказ товара у производителя, доставку и оформление. Доставка продукции осуществляется средствами производителя. Эта процедура занимает один день, поэтому продажи товара начинаются лишь на следующий день после его закупки.

Существует некоторый критический объем товара на складе, при достижении которого ТПО закупает новую партию. Введем величину V_i - среднедневной объем продаж i -го товара.

Тогда критический объем товара на складе равен $V_i(t_i'' + 1)$ где t_i'' - некоторый промежуток времени, на которое должно хватить i -го товара.

Закупка продукции осуществляется из расчета продаж на некоторый срок t_i' , поэтому минимальная партия закупки ограничена величиной $V_i t_i'$. При этом может

оказаться, что минимальная партия закупки у производителя больше минимума ТПО. Тогда минимальный объем закупки $\max[V_i t'_i, V_{mn}]$, - минимальная партия закупки, ограниченная производителем.

Продукция данного вида имеет срок годности T_i^{zod} . У ТПО имеется склад, оборудованный холодильными установками, что позволяет закупать и достаточно долго в течение всего срока годности и хранить большие объемы продукции, сохраняя при этом все качества продукции. В день окончания срока годности, как и в день закупки, продажа товаров торговым фирмам не осуществляется, однако эти два дня входят в срок хранения.

Таким образом, максимальная партия ограничена величиной $(T_i^{zod} - 2) * V_i$ товара не должно быть больше, чем ТПО успеет продать до окончания срока годности.

Для обеспечения непрерывности процесса продаж, день закупки новой партии осуществляются продажи товара предыдущей партии, а в последний день срока годности – следующей партии. Срок годности более ранних партий истекает раньше, поэтому при наличии товаров нескольких партий ТПО для следующего этапа реализации выбирается товар более ранней партии.

Принимая во внимание промежуток «жизни» товара одной партии, введем следующие обозначения: v_i - объем закупки i -го товара в этой партии; T_i^{zod} - дата окончания срока годности для i -го товара из текущей партии; t - промежуток срока годности товара, $t = 1, \overline{T_{\max}^{zod}}$, где $T_{\max}^{zod} = \max_i (T_i^{zod})$.

Пусть p_i - закупочная цена i -й ассортиментной позиции; zap_i - запас i -го ассортиментной позиции на складе ТПО в момент закупки; t_i^{zod} - дата окончания срока годности остатков i -й ассортиментной позиции из прошлой партии ($T_i^{zod} > t_i^{zod}$); G_0 постоянные издержки ТПО, которые не зависят от степени загруженности склада.

В данной модели ограничения на объем закупки будут выглядеть $(T_i^{zod} - 2) * V_i \leq v_i \leq \max(V_i t'_i, V_{mn})$.

Запас продукции на складе ограничен снизу некоторым критическим объемом $zap_i \geq V_i t_i''$. Общий запас по всем товарам не может превышать полезного объема склада V .

Целевая функция для ТПО будет выглядеть следующим образом

$$\min \left[\sum_{t=1}^{T_i^{zod}} \sum_{k=1}^K x_i^k(t), v_i + zap_i - \overline{zap_i} \right] * (p_i + \Delta p_i^k) - v(i) * p_i + \overline{zap_i} * p_i - G_0 \rightarrow \max \quad (2)$$

где:

$$\overline{zap_i} = \max \left[zap_i - \sum_{t=1}^{t_i^{zod}} \sum_{k=1}^K x_i^k(t), 0 \right], \Delta p_i^k - \text{индивидуальная наценка на } i\text{-й товар.}$$

В случае неправильных прогнозов продаж существует риск пропажи части товара, оставшегося по окончании срока годности. Объем пропавшей продукции из предыдущей партии можно рассчитать, как

$$zap_i - \max \left[zap_i - \sum_{t=1}^{t_i^{zod}} \sum_{k=1}^K x_i^k(t), 0 \right] \quad (3)$$

Тогда объем проданной продукции за весь рассматриваемый период

$$\min \left[\nu_i, \sum_{t=1}^{T_i^{zod}-1} \sum_{k=1}^K x_i^k(t) \right] - \min \left[zap_i, \sum_{t=1}^{t_i^{zod}-1} \sum_{k=1}^K x_i^k(t) \right], \quad (4)$$

а объем пропавшей продукции текущей партии равен

$$\max \left(\left(\nu_i + \min \left[zap_i, \sum_{t=1}^{T_i^{zod}-1} \sum_{k=1}^K x_i^k(t) \right] - \sum_{t=1}^{t_i^{zod}-1} \sum_{k=1}^K x_i^k(t) \right), 0 \right) + \max \left[zap_i - \sum_{t=1}^{t_i^{zod}} \sum_{k=1}^K x_i^k(t), 0 \right]. \quad (5)$$

Данную величину необходимо минимизировать.

Таким образом, учитывая все введенные ограничения, получим окончательный вид разработанной модели, обеспечивающую оптимальные пропорции закупки, хранения и продажи скоропортящихся товаров.

После определении специфики системы управления запасами торговых сетей и разработки алгоритма решения задачи управления запасами с ограниченным сроком годности необходимо выполнить проектирование и реализацию информационной системы мониторинга запасов и заявок на поставку скоропортящейся продукции.

Обобщенная схема принятия решений по управлению запасами с ограниченным сроком годности будет выглядеть следующим образом (рисунок 3):

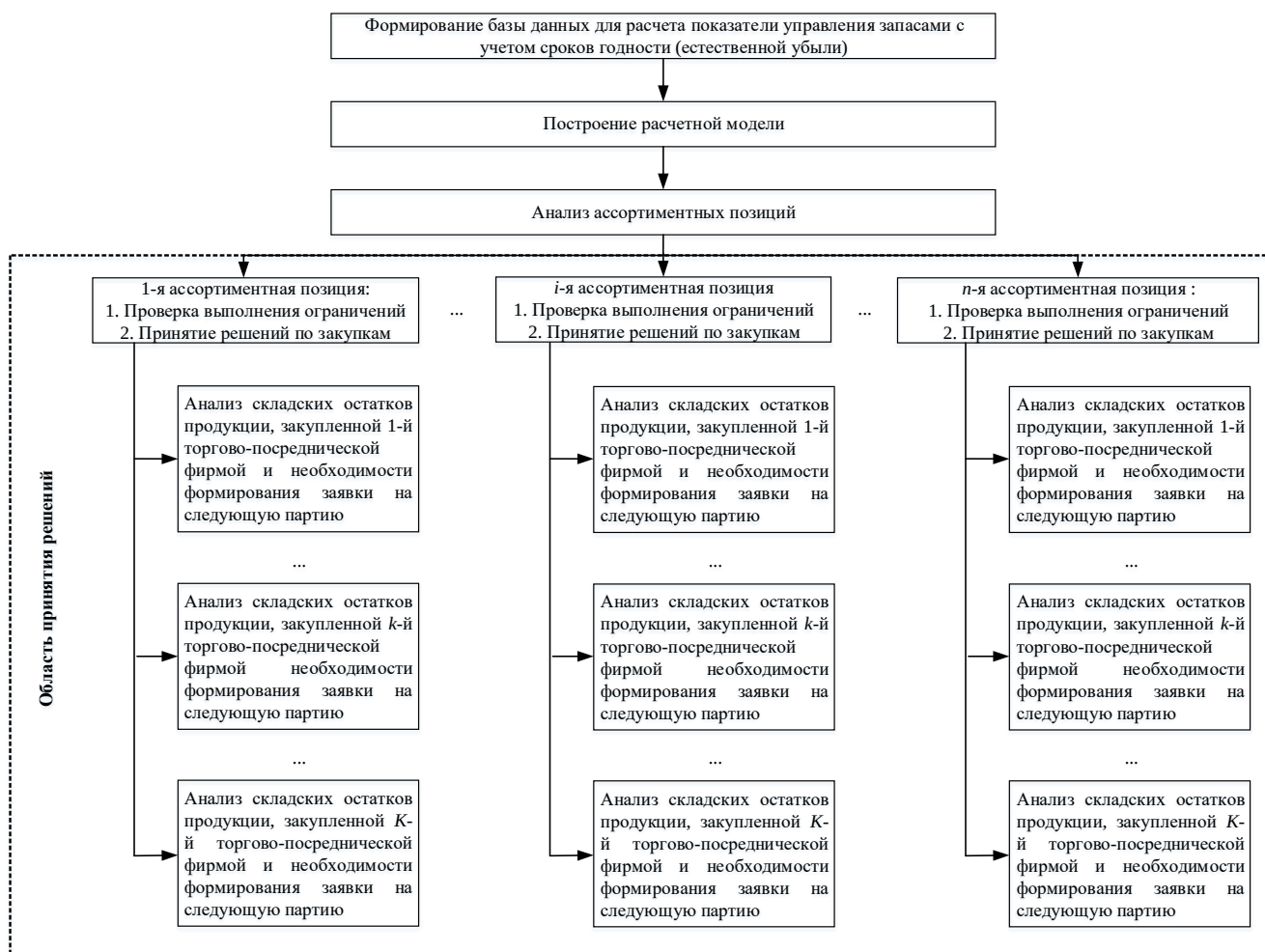


Рисунок 3 - Обобщенная схема принятия решений по управлению запасами с ограниченным сроком годности

Алгоритм оперативного контроля запасов и формирования заявки на поставку скоропортящейся продукции представлен на рисунке 4.

Для создания комфортных условий для работы пользователя (администратора) к системе оперативного контроля были выявлены следующие требования:

- простота и интуитивность пользовательского интерфейса;
- доступный формат хранения входных и выходных данных;
- возможность корректировки вводимых данных в процессе работы;

гибкость процесса отслеживания уровня и срока годности запасов

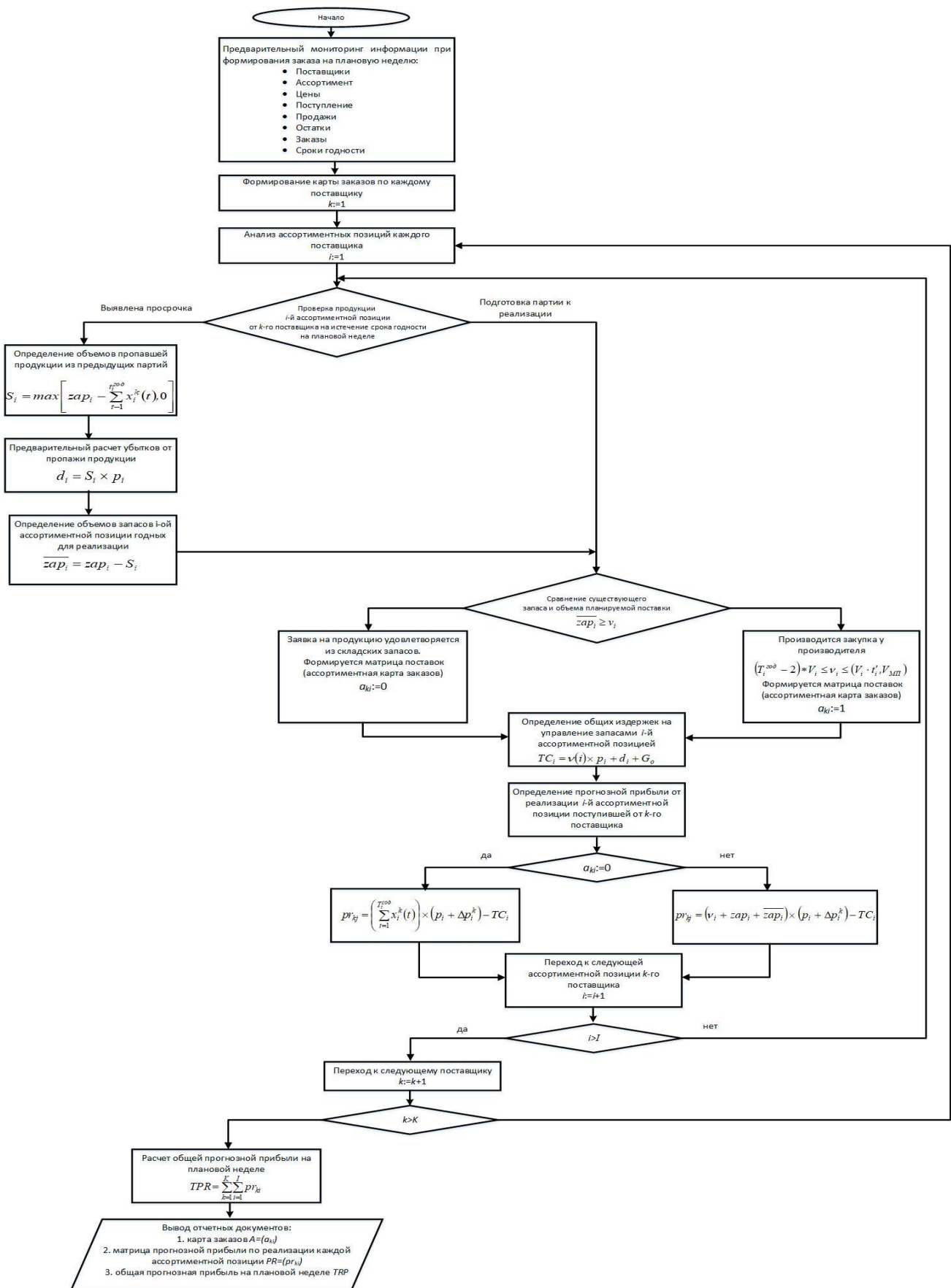


Рисунок 4 - Алгоритм оперативного контроля запасов и формирования заявки на поставку скоропортящейся продукции

Для понимания того, какая вводимая и выводимая информация необходима администратору системы оперативного контроля для бесперебойной работы торгово-посреднической фирмы при формировании плана по поставкам, было взято два блока из алгоритма оперативного контроля запасов скоропортящейся продукции в качестве отправной точки создания системы (рис. 5).

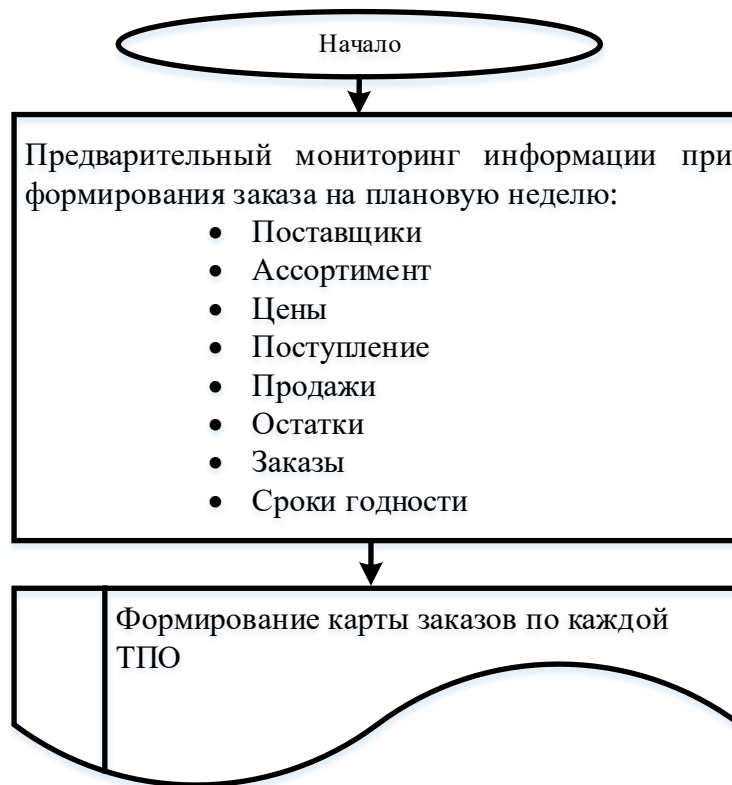


Рисунок 5 - Блоки-основы для создания системы оперативного контроля

Схема базы данных, содержащая в себе информацию об используемых в системе мониторинга данных, была создана при помощи программного продукта ERwin Data Modeler r7.3 и представлена на рисунке 6.

В ходе разработки программного продукта была задействована интегрированная среда разработки Microsoft Visual Studio 2019. При помощи её компонентов был создан проект «Приложение Windows Forms», наиболее подходящий для реализации поставленной задачи.

Базовым языком для шаблона Windows Forms принято считать C#, который имеет наиболее удобный и полный функционал для создания вышеуказанного проекта. Данный язык обладает всеми необходимыми функциями, которые требовались при построении проекта. Microsoft SQL Server Management Studio 18 требуется для работы с данными в базе данных нашего приложения.

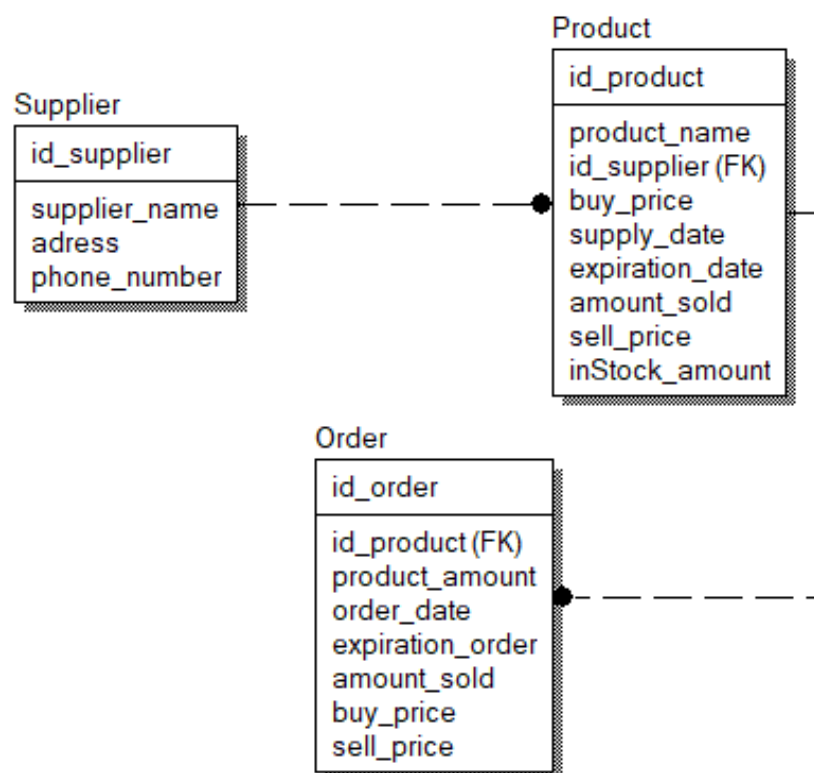


Рисунок 6 - Схема базы данных, используемая для создания системы оперативного контроля

Разрабатываемая информационная поддержка системы оперативного контроля запасов удовлетворяет требованиям надежности и целостности данных, то есть контролируется корректность вводимых пользователем данных.

Система мониторинга обеспечивает не только эффективный контроль запасов, но и удобна пользователю с точки зрения проектирования пользовательского интерфейса.

Программа имеет интуитивно понятный интерфейс. Администратору доступна информация по уже имеющимся поставщикам, есть возможность добавления новых контрагентов и наименования поставляемых ими продуктов (рис.7).

Поставщики | Продукты | Наличие | Документы

Наименование поставщика	Адрес	Телефон
ООО Молвест	г. Воронеж, ул. Лескова, д. 3	8000000
ООО Эконива	г. Воронеж, ул. Чапаева, д. 118	8888888
ООО Милкис	г. Воронеж, ул. Майкова, д. 20	88585858

Добавить нового поставщика

Поставщик:
Адрес:
Телефон:

Сохранить изменения

Удалить

Наименование поставляемого продукта:

Рисунок 7 - Стартовое окно информационной системы оперативного контроля запасов

Администратор имеет возможность отслеживать ассортиментные позиции каждого поставщика, добавлять информацию о дате поставок, сроке годности, закупочной цене за единицу продукции и объемы продукции, подлежащей контролю (рис. 8).

Поставщики | Продукты | Наличие | Документы

Название продукта	Наименование поставщика
Йогурт со злаками	ООО Милкис
Йогурт со вишней	ООО Милкис
Йогурт-желе	ООО Милкис
Коктейль молочный ваниль	ООО Эконива
Коктейль молочный шоколад	ООО Эконива
Молоко шоколадное	ООО Эконива
Молоко 2.5%	ООО Эконива
Молоко 2.5%	ООО Милкис
Молоко 3.2%	ООО Милкис
Молоко обезжиренное	ООО Милкис
Сырок глазир шоколад	ООО Милкис
Сырок глазир ваниль	ООО Милкис

Дата поставки:
Срок годности ПО:
Цена покупки:
Укажите количество:

Рисунок 8 - Заказ продукции

Система предоставляет возможность устанавливать цену продажи, указывать количество проданного товара по каждой позиции и отслеживать оставшиеся в наличии товары, что продемонстрировано на рисунке 9.

Поставщики Продукты Наличие Документы				
Карта заказов	Показать заказы С: 28 мая 2022 г. По: 11 июня 2022 г.			
	Дата	Продукт	Количество	Поставщик
	01.06.2022 22:29	Йогурт со вишней	30	ООО Милкис
	01.06.2022 22:29	Йогурт-желе	3	ООО Милкис
	29.05.2022 22:29	Коктейль молочный шоколад	10	ООО Эконива
	03.06.2022 22:29	Молоко шоколадное	50	ООО Эконива
	03.06.2022 22:29	Молоко 2.5%	80	ООО Эконива
	04.06.2022 22:29	Молоко 2.5%	40	ООО Милкис
	04.06.2022 22:29	Молоко 3.2%	40	ООО Милкис
	07.06.2022 22:29	Сырок глазир шоколад	30	ООО Милкис
	07.06.2022 22:29	Сырок глазир ваниль	25	ООО Милкис
Сохранить в TXT файл				

Рисунок 10 - Карта заказов в системе оперативного контроля

Поставщики Продукты Наличие Документы				
Карта заказов	Продукт	Цена покупки	Цена продажи	Продано(ед.)
	Йогурт со вишней	25		0
	Йогурт-желе	20	35	27
	Коктейль молочный ваниль	30		0
	Коктейль молочный шоколад	30		0
	Коктейль молочный шоколад	30		0
	Молоко шоколадное	55	78	15
	Молоко 2.5%	38		0
	Молоко 2.5%	40		0
	Молоко 3.2%	40		0
Прибыль	Сырок глазир шоколад	12		5
	Сырок глазир ваниль	12		10
Суммарная прибыль составила: 945 Руб.				
Вычислить суммарную прибыль				
Сохранить в TXT файл				

Рисунок 11 - Получение данных о прибыли в системе оперативного контроля запасов

Заключение

Очевидно, что основное отличие систем управления запасами продукции с ограниченным сроком годности от классических систем управления запасами заключается в том, что при расчете заказа учитывается не только текущий уровень запаса, но и распределение запаса по остаточным срокам годности. Поэтому исследование, проведенное авторами, и предлагаемый модуль информационной системы оперативного контроля запасов могут быть адаптированы и применены не только для скоропортящихся продуктов, но и для цепей поставок в других

направлениях. При этом компании, внедряющие у себя VMI-схему взаимодействия Поставщик-Потребитель с целью оптимизации управления товарными запасами должны понимать, что она не может быть использована для всех клиентов. Целевыми должны быть ключевые клиенты компании с наибольшим товарным оборотом, высоким потенциалом роста, с развитой IT-структурой, обладающие целостной системой учета запасов, продаж и поставок.

References

1. Астахова О. Ю. К вопросу о логистике агропромышленного кластера/ О. Ю. Астахова // Логистика. – 2011. – № 8. – С. 39-42.
2. Бродецкий, Г. Л. Экономико-математические методы и модели в логистике. Процедуры оптимизации / Г. Л. Бродецкий, Д. А. Гусев. – М.: Академия, 2012. – 288 с.
3. Булгакова И.Н. Скоропортящиеся продукты: особенности закупок, хранение запасов и продаж / И.Н.Булгакова // Экономика и обеспечение устойчивого развития хозяйственных структур: межрегиональный сборник научных трудов. Выпуск 7. – Воронеж, 2007. – С. 50-53.
4. Булгакова И.Н., Кутлукаева Р.И. Управление запасами сетевых FMCG компаний в формате VMI – технологий. Способы, модели и алгоритмы модернизации науки в современных условиях: Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции (Пенза, 24 июля 2021 г.). – Sterlitaмак: АМИ, 2021. – 121 с.
5. Григорьев М.Н., Долгов А.П., Уваров С.А. Управление запасами в логистике. – Москва: Бизнес-пресса, 2006. – 368 с.
6. Дыбская В. В. Цифровая трансформация цепей поставок предприятий сетевой розницы / В. В. Дыбская, И. В. Сергеев, В. И. Сергеев // Логистика и управление цепями поставок. – 2019. – № 4(93). – С. 3-16.
7. Кокин, А. С. Финансовый менеджмент. 2-е изд. / А. С. Кокин, В. Н. Ясенев. – М. : ИНФРА-М, 2009. – 511 с.
8. Лукинский В.В. Методы расчета основных параметров моделей (стратегий) управления запасами в цепях поставок / В.В.Лукинский, Т.А.Кулаговская, Ю.В. Малевич // Вестник ИНЖЭКОНа. Серия: Экономика. - 2009. Т. 28. № 1. -С. 217-226.
9. Модели и методы теории логистики / В.С. Лукинский, В.В. Лукинский, Ю.В. Малевич и др.; под ред. В.С. Лукинского. – СПб.: Питер, 2008. – 448 с.
10. Носов А. Минимизация связанных с запасами затрат / А. Носов // Логистика. – 2006. - №3. – С. 38-39.
11. Рубальский Г.Б. Управление запасами при случайном спросе: (Модели с непрерывным временем) / Г.Б. Рубальский; Под ред. д-ра техн. наук И.А. Ушакова. - Москва: Сов. радио, 1977. - 160 с.
12. Рыжиков Ю.И. Теория очередей и управление запасами / Ю.И. Рыжиков. – СПб.: Питер, 2001. – 384 с.

13. Сергеев В. И. Прозрачность и устойчивость цепей поставок / В. И. Сергеев // Логистика сегодня. – 2021. – № 3. – С. 200-206.
14. Сергеев В. И. Развитие методологии контроля и мониторинга цепей поставок предприятий сетевой розницы / В. И. Сергеев, И. В. Сергеев // Экономические отношения. – 2019. – Т. 9. – № 2. – С. 1463-1486.
15. Скульская, Л.В. Потери сельскохозяйственной продукции и продовольственных ресурсов в Российской Федерации / Л.В. Скульская, Т.К. Широкова // Проблемы прогнозирования. – 2010. – № 6. – С. 63–83.
16. Сосненко Л. С. Анализ материально-производственных запасов / Л. С. Сосненко // Экономический анализ: теория и практика. – 2007. - N 3. - С. 2-15.
17. Степанова Н.В. Оптимальное управление ценой при продаже скоропортящегося товара / Н.В. Степанова, А.Ф. Терпугов // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета, 2007, № 4 (17). – С. 35–39.
18. Шрайбфедер Д. Эффективное управление запасами / Д. Шрайбфедер – Москва: Альпина Паблишер, 2008. – 304 с.
19. Bulgakova I., Vertakova Y. (2021) Features of VMI Technology for Joint Stock Management of Products with a Limited Shelf Life in Cluster Logistics. In: Shakirova O.G., Bashkov O.V., Khusainov A.A. (eds) Current Problems and Ways of Industry Development: Equipment and Technologies. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 200. Springer, Cham. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-69421-0_1