

Программный комплекс планирования производства и управления запасами

Г.М. Соломаха
В.А. Тулуева
С.В. Хижняк

Ссылка для цитирования

Соломаха Г.М., Тулуева В.А., Хижняк С.В. Программный комплекс планирования производства и управления запасами // Программные продукты и системы. 2023. Т. 36. № 3. С. 459–465. doi: 10.15827/0236-235X.142.459-465

Информация о статье

Поступила в редакцию: 16.02.2023

После доработки: 12.03.2023

Принята к публикации: 14.03.2023

Аннотация. В работе представлен процесс взаимодействия информационных систем в ходе планирования производства и управления запасами с учетом динамичности производственной среды и ограниченности возможностей предприятия. Рассмотрены особенности промышленных предприятий, не позволяющие использовать стандартные реализации предлагаемых на рынке программных продуктов и систем. Основным модулем для оптимизации процесса планирования и управления запасами является ERP-система. Построение прогноза продаж и уровня страховых запасов выполняется при помощи отечественного программного продукта Forecast NOW, планирование производства осуществляется в SCM-системе SAP APO. Результатом работы и взаимодействия данных систем являются план-график производства, который, в свою очередь, передается в систему MES для производства, а также корректные данные о потребностях закупки продуктов, сырья, материалов и полуфабрикатов. В качестве методов используются системный подход, а также анализ и синтез исследований отечественных ученых в области планирования и управления запасами. Сформулированы требования к разрабатываемым в рамках интеграции систем программным модулям. Показано, что предложенный программный комплекс удовлетворяет этим требованиям. Приведен пример возможной интеграции разработанного программного комплекса с системой мониторинга производственных процессов, представлена соответствующая схема интеграции. Показано, что область применения данного подхода не ограничивается крупными предприятиями и может быть скорректирована для использования с соответствующими программными комплексами предприятий меньшего масштаба. Гибкость полученного программного решения открывает возможности для дальнейшего расширения области применения и реализации более масштабных самостоятельных производственных систем и комплексов программ.

Ключевые слова: информационная система, производственное планирование, управление запасами, производственные запасы, планирование продаж, мониторинг на производстве, автоматизация

Обеспечение единого непрерывного снабжения всех систем производственного процесса необходимыми запасами в оптимальном количестве и заданного качества – важнейшая гарантия эффективного функционирования промышленных предприятий.

Существует множество исследований по теории и практике управления запасами, результатом которых являются различные модели и примеры их применения, однако каждая из этих моделей решает лишь отдельную задачу – или управления запасами [1, 2], или планирования производства [3].

В связи с этим остается спорной сформированность самой системы управления запасами, выполняющей роль регулятора процесса движения материального потока и позволяющей свести к минимуму его случайность [4]. К тому же существующие на рынке программные продукты не позволяют совместно решать задачи и управления запасами, и планирования производства [5–7].

В рамках данного исследования предлагается разработка, объединяющая решение обеих

задач и ряда проблем, возникающих из-за усложнения процесса управления запасами особенностями промышленных предприятий, которые не позволяют использовать стандартные реализации предлагаемых на рынке программных продуктов и систем, требующих интеграции различных систем в единое целое.

Основными из таких особенностей являются следующие:

- неопределенность спроса;
- непостоянность затрат на поставку и хранение продуктов, стоимости хранимых продуктов, скидок клиентам;
- рассмотрение плановых периодов различной длины;
- наличие страховых запасов на востребованные продукты, которые необходимо хранить в определенных условиях для исключения возможной порчи продукции, морально и физически устаревших ресурсов, минимальных производственных партий (партий заказа), остатки от которых также необходимо хранить на складе, поставок продуктов и комплектующих из других стран;

– возможность отказа клиентов от заказанной продукции, что увеличивает остаток неликвидной продукции на складе.

Развитие производства, а также бизнеса в целом, его планирование и управление запасами невозможно представить без автоматизации. Внедрение ERP-системы и ее интеграция с системами MES и SCM позволяют существенно снизить издержки предприятия, повысить уровень обслуживания, оптимизировать производственный цикл, уменьшить складские запасы и, соответственно, повысить производительность предприятия, его рентабельность и уровень контроля производственного процесса. Однако внедрение данных систем и их поддержка довольно затратны, что снижает интерес к ним со стороны малых предприятий. В связи с этим необходимо заранее оценить целесообразность использования указанных систем управления запасами для конкретного предприятия.

Информационные технологии, являясь основным ресурсом интеграционного процесса, подразумевают необходимость создания банков данных, которые дают возможность организовать информационный обмен на постоянной основе. Обобщенная схема взаимосвязей компонентов программного комплекса планирования производства и управления запасами предложена в [8].

Данная схема включает в себя БД, содержащую нормативно-справочную информацию, которая подразделяется на статическую и динамическую, а также модули формирования производственной программы и плана характеристик движения производства, построения оптимальных производственных расписаний. Однако указанная схема не подразумевает получение обратной информации о производстве продукции, упрощая процесс учета сырья, полуфабрикатов и готовой продукции и, соответственно, управление запасами в целом.

Вместе с тем при оптимизации процесса планирования и управления запасами может быть использована ERP-система, имеющая доступ к массиву операционных данных, на основе которых проводится планирование потребности в материально-технических ресурсах, мощностей (средств производства, станков и оборудования, складов и мест хранения), денежных средств и прочего. Основными элементами данных являются материалы или продукты, заводы или местоположение, склады, поставщики, контрагенты, заказы клиентов (проектные, срочные и стандартные), соглаше-

ния о поставках, заказы и заявки на перемещение, исходящие и входящие поставки, резервирования перемещаемого запаса, страховой запас, плановые первичные потребности, запасы в пути, плановые заказы, вторичные потребности, запасы. Данная подсистема обладает функциональностью, позволяющей осуществлять не только планирование материально-технических ресурсов и мощностей, но и перевод соответствующих потребностей в денежные ресурсы [9].

Процесс планирования производства заключается в формировании планов-графиков на основе математической модели, разработанной для конкретного промышленного предприятия. Однако этот процесс усложняется большой номенклатурой товаров, наличием мелких производственных партий, а также несерийной продукции, требующей больших затрат на производство и имеющей высокую стоимость.

С целью минимизации издержек осуществляются укрупнение производственных партий и расчет величины страхового запаса, объем которого зависит от объема партии и времени поставки.

Для расчета страховых запасов целесообразно использовать SCM-системы. Например, отечественный продукт Forecast NOW позволяет строить прогноз потребности в продукции на складах либо с ежедневным контролем, либо по фиксированному расписанию, проводить расчет страховых запасов с учетом рисков дефицита, штрафов за недопоставку, затрат на хранение запасов, сезонности с точностью от месяца до дня, дат поставки товаров и сроков годности поступивших партий, наличия проектных продаж (большие разовые объемы, серьезно искажающие реальные средние показатели). Forecast NOW помогает распределять запасы между складами в условиях дефицита, а также переводить продукты в складские или заказные в зависимости от ситуации на рынке.

Ручной перенос данных между системами SCM, SAP и MES предполагает большие трудозатраты, а также увеличивает значение человеческого фактора. Кроме того, ручной перенос может быть осуществлен только в рабочее время ответственного сотрудника, что может существенно затруднить планирование производства. Соответственно, одной из основных целей предлагаемой интеграции систем является снижение трудозатрат на перенос данных между интегрируемыми системами и зависимости от рабочего расписания. Поэтому си-

стема должна отвечать требованию по автоматизации процессов загрузки и выгрузки данных.

Неизбежно возникает вопрос планирования выгрузки, а значит, конечная реализация должна обладать такой возможностью и при этом сохранять функцию переноса данных по требованию.

Чтобы использовать программные компоненты для широкого спектра производственных программных конфигураций, итоговые модули должны быть переносимыми с минимальными трудозатратами, а значит, их структура и взаимодействие должны обеспечивать гибкость и возможность замены реализации одного компонента без вмешательства в программный код других.

Для внешнего взаимодействия с различными конфигурациями производственных систем программные модули должны иметь возможность расширения или точечной замены реализации отдельных модулей для обеспечения работы с различными форматами представления данных и протоколами их передачи.

В ходе исследования существующих проблем и их возможных решений можно сформировать следующие требования к разрабатываемым в рамках интеграции программным модулям:

- возможность автоматической загрузки/выгрузки данных, загрузки/выгрузки данных по требованию и по расписанию, расширения и модификации для использования других форматов и протоколов передачи данных;
- переносимость разработанных программных модулей;
- поддержка стандартных форматов и протоколов внешнего и внутреннего взаимодействия.

На рисунке 1 представлена схема взаимодействия систем в рамках планирования производства.

Рассмотрим элементы схемы и их функции.

Системы Forecast NOW и ERP взаимодействуют в двустороннем порядке через экспорт, копирование и импорт информации. Для взаимодействия с сервером системы Forecast NOW разработан сервер Interactionserver. Взаимодействие происходит согласно ее спецификации.

В соответствии с установленным расписанием из ERP-системы модулем DataExportModule на сервер InteractionServer экспортируются фактические данные, после этого они копируются на сервер Forecast NOW. В си-

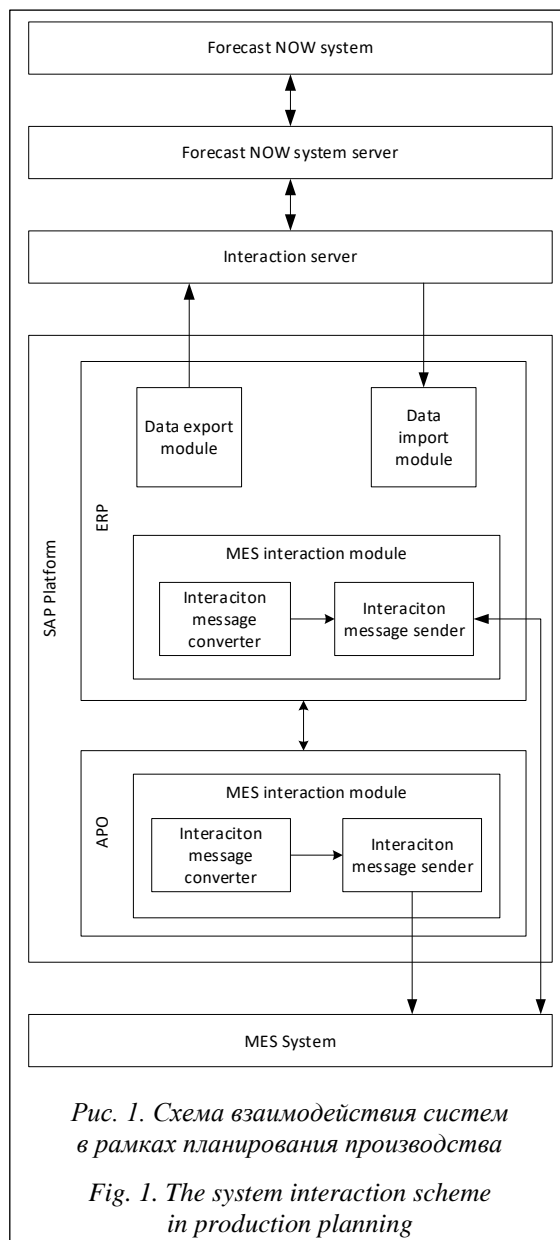


Рис. 1. Схема взаимодействия систем в рамках планирования производства

Fig. 1. The system interaction scheme in production planning

стему Forecast NOW осуществляется импорт данных и формируются прогнозные данные продаж, на основании которых рассчитывается необходимый уровень страхового запаса. Прогнозные данные продаж и страхового запаса передаются в ERP-систему по той же схеме экспорта, копирования и импорта через серверы с установленной периодичностью с помощью модуля DataImportModule. Таким образом реализуются возможности загрузки/выгрузки данных и загрузки/выгрузки данных по расписанию.

В ERP-системе данные обрабатываются и рассчитываются необходимые объемы продукции на складах отгрузки и производства, а также для закупки и производства.

Планирование производства на основании данных, полученных из системы Forecast NOW, осуществляется в SCM-системе SAP APO. Системы APO и ERP взаимодействуют друг с другом напрямую, так как имеют общую платформу SAP. Передача данных осуществляется в двустороннем порядке. Согласно установленному расписанию фактические данные интегрируются из ERP-системы в систему APO. С установленной периодичностью выполняется прогон производственного планирования, который формирует планы-графики производства, заказы на сырье и комплектующие, а также план переналадок оборудования.

На основе полученной информации после внесения необходимых корректировок строится план-график производства для соответствующих рабочих центров и передается обратно в систему SAP ERP, в которой формируются производственные заказы для дальнейшей передачи в MES-систему, а также заказы на поставку товаров, сырья и комплектующих.

Производственные заказы передаются в MES-систему преимущественно из системы производственного планирования SAP APO. Передача нарядов из этой системы позволяет автоматически передавать обновления производственных заказов в системе SAP ERP непосредственно в MES-систему при условии, что наряд не взят ею в работу. Также есть возможность передачи производственных заказов в MES-систему из системы SAP ERP по требованию, что обеспечивает загрузку/выгрузку данных по требованию.

Система MES позволяет сотрудникам производственных участков без отрыва от производства контролировать план-график и его изменения, оперативно передавать информацию о процессе в ERP-систему, а также оценивать загруженность производственных мощностей и эффективность работы сотрудников на соответствующих участках.

Системы APO и ERP взаимодействуют с MES-системой напрямую посредством IDOC-сообщений. Система MES отправляет в систему SAP ERP ответные IDOC-сообщения, а также сообщения о ходе выполнения производственного плана. Модуль Interaction Message Converter осуществляет преобразование данных, а модуль Interaction Message Sender их непосредственную отправку. Подобное разделение позволяет при необходимости расширить модуль InteractionMessageConverter для использования других форматов или модуль InteractionMessageSender для использования

других протоколов передачи данных. Формат IDOC, имеющий спецификацию и широко применяемый в системах на платформе SAP, обеспечивает поддержку стандартных форматов и протоколов внешнего и внутреннего взаимодействия.

Система ERP открыта для модификации, соответственно, имеется возможность модернизации существующих стандартных функций и создания новых программных комплексов. Именно это позволило реализовать описанный выше процесс взаимодействия информационных систем в ходе планирования производства и управления запасами на крупном промышленном предприятии с учетом динамичности производственной среды и ограниченности его возможностей. Это стало реальным благодаря переносимости программных модулей и возможности расширения и модификации для использования других форматов и протоколов передачи данных.

Разработанный программный комплекс внедрен на АО ДКС (г. Тверь). Компания производит продукцию для систем электроснабжения, автоматизации и распределения энергии на объектах любого назначения. Реализация проекта позволила оптимизировать производственные показатели и снизить трудозатраты сотрудников различных подразделений, в частности, отдела продуктового маркетинга и планово-экономической службы, систематизировать процесс управления запасами, повысить уровень клиентского сервиса.

Благодаря соответствию системы предъявляемым к ней требованиям переносимости и универсальности относительно протоколов и форматов разработанные в ходе исследования программные модули могут быть адаптированы к работе с другими программными и аппаратными производственными конфигурациями, в том числе существенно меньшего масштаба.

Рассмотрим пример возможной интеграции с системой мониторинга производственных процессов, приведенной в [10]. В силу своей масштабируемости и гибкости данная система может быть внедрена на производствах различного масштаба.

Выделим основные отличия во взаимодействии с данной системой от рассмотренной выше интеграции с использованием платформы SAP:

- основным протоколом передачи данных является WebSocket;
- система имеет свою сигнатуру входящих сообщений;

– отсутствуют платформа SAP и ее ERP-система для реализации модулей на их базе.

Соответственно, для успешной интеграции необходимо решить следующие задачи:

– модификация Interaction Message Sender для работы с WebSocket;

– модификация Interaction Message Converter для преобразования сообщений в формат системы;

– перенос модулей Interaction Message Sender и Interaction Message Converter в рамки Interaction Server для самостоятельного использования.

Поскольку взаимодействие с системой происходит посредством отправки и принятия сообщений и Interaction Message Sender в любом случае устанавливает WebSocket-соединение с системой, в рамках данного модуля могут быть реализованы как отправка, так и получение сообщений, содержащих необходимые данные. Для их обработки необходима реализация отдельного модуля Data Processing Module, которая напрямую зависит от характера и конфигурации производства. Однако для обработки сообщений может быть использован подход, аналогичный используемому в самой системе мониторинга в ее компоненте HandlerHub, а именно совокупность обработчиков на языке JavaScript.

Таким образом, итоговая схема взаимодействия с системой мониторинга будет иметь вид, представленный на рисунке 2.

Заключение

Поставленная в ходе исследования задача разработки программного продукта, обеспечивающего совместное планирование производ-

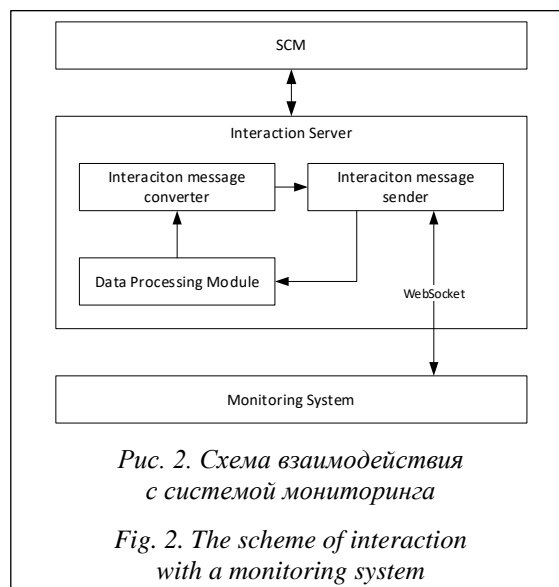


Рис. 2. Схема взаимодействия с системой мониторинга

Fig. 2. The scheme of interaction with a monitoring system

ства и управление запасами, решена в полном объеме. Внедрение разработанных программных модулей позволило на практике подтвердить способность данного решения снизить трудозатраты сотрудников отделов продуктового маркетинга и планово-экономической службы. Показано, что область применения данного подхода не ограничивается крупными предприятиями и может быть скорректирована для использования с соответствующими программными комплексами предприятий меньшего масштаба. Возможна интеграция предложенного программного комплекса с системой мониторинга производственных процессов. Гибкость полученного программного решения открывает возможности для дальнейшего расширения области применения и реализации более масштабных самостоятельных производственных систем и комплексов программ.

Список литературы

1. Соломаха Г.М., Тулуева В.А. Модель управления запасами на предприятии при изменяющихся стоимости поставки и затратах на хранение // Проблемы управления социально-экономическими системами: теория и практика: матер. VIII Междунар. науч.-практич. конф. 2020. С. 94–99.
2. Новосельцев В.И., Шугай О.Е., Попов Н.Н. Модель управления производственными запасами в условиях неопределенности спроса на выпускаемую продукцию // Вестн. ВИВТ. 2019. № 1. С. 51–52.
3. Слюян С.Х., Новопашин К.С. Управление запасами в корпорации // Наука и бизнес: пути развития. 2019. № 4. С. 172–174.
4. Бабенко И.В. Современные тенденции формирования системы интегрированного управления запасами // Изв. ЮЗГУ. Сер.: Экономика. Социология. Менеджмент. 2019. Т. 9. № 6. С. 135–146.
5. Дирко С.В., Лозко О.И. Автоматизация управления запасами в торговых организациях // Интекс-2021: сб. матер. науч. конф. Т. 6. 2021. С. 62–65.
6. Валиахметова Р.Э. Программа для ЭВМ "INVENTORY MANAGEMENT": Свид. о регистр. ПрЭВМ № 2022665246. Рос. Федерация, 2022.
7. Чистякова Т.Б., Шашихина О.Е. Интеллектуальный программный комплекс моделирования процесса планирования многоассортиментных промышленных производств // Прикладная информатика. 2022. Т. 17. № 5. С. 41–50. doi: 10.37791/2687-0649-2022-17-5-41-50.

8. Арденталева С.И. Программный комплекс планирования производства на малом предприятии // Программные продукты и системы. 2010. Т. 23. № 2. С.127–129.

9. Тимошкина Е.В., Семенова А.Г., Абышева И.Г. Современные программные продукты для оптимизации процесса управления товарно-материальными ресурсами на предприятии // Социальные науки. 2018. № 1. С. 114–123.

10. Соломаха Г.М., Хижняк С.В. Архитектура системы мониторинга производственных процессов в условиях географической распределенности производства // Программные продукты и системы. 2019. Т. 32. № 2. С. 251–257. doi: 10.15827/0236-235X.126.251-257.

Software & Systems

doi: 10.15827/0236-235X.142.459-465

2023, vol. 36, no. 3, pp. 459–465

Software system for production planning and inventory management

Gennadiy M. Solomakha
Victoria A. Tulueva
Stanislav V. Khizhnyak

For citation

Solomakha, G.M., Tulueva, V.A., Khizhnyak, S.V. (2023) ‘Software system for production planning and inventory management’, *Software & Systems*, 36(3), pp. 459–465 (in Russ.). doi: 10.15827/0236-235X.142.459-465

Article info

Received: 16.02.2023

After revision: 12.03.2023

Accepted: 14.03.2023

Abstract. The paper presents the process of interaction between information systems during production planning and inventory management, taking into account the dynamic production environment and the limited capabilities of the enterprise. The paper considers the features of industrial enterprises that do not allow using standard implementations of software products and systems offered on the market. The main module for optimizing the process of planning and inventory management is an ERP system. The Forecast NOW software product of the Russian company “Ingenius Team” LLC helps in sales forecasting and safety stock level estimation; production planning is carried out in the SAP APO SCM system. The result of these systems work and interaction is a production schedule, which is then passed to the MES system for production, as well as accurate data on the needs for purchasing products, raw materials, materials, and semi-finished products. The research methodology uses a system approach, as well as methods of analysis and synthesis of domestic scientists’ studies in the field of planning and inventory management. The paper lists the requirements for software modules developed in process of system integration. It is shown that the proposed software system meets these requirements. The paper presents an example of possible integration of the developed software complex with a system for monitoring production processes, and shows the corresponding integration scheme. It is shown that the application scope of this approach is not limited to large enterprises and can be adjusted for use with appropriate software systems of smaller scale enterprises. The flexibility of the resulting software solution opens up opportunities for further expansion of the application and implementation scope of more large-scale independent production software systems.

Keywords: information systems, production planning, inventory management, production inventory, sales forecasting, production monitoring, automation

Reference List

1. Solomakha, G.M., Tulueva, V.A. (2020) ‘Enterprise resource management model with variable delivery costs and storage costs’, *Proc. VIII Int. Sci. and Pract. Conf. Problems of Managing Socio-Economic Systems: Theory and Practice*, pp. 94–99.

2. Novoseltsev, V.I., Shugai, O.E., Popov, N.N. (2019) ‘Model of management of production reserves in the conditions of uncertainty of demand for produced products’, *Bull. of the VIHT*, (1), pp. 51–52 (in Russ.).

3. Sloyan, S.Kh., Novopashin, K.S. (2019) ‘Corporate stock management’, *Sci. and Business: Development Ways*, (4), pp. 172–174 (in Russ.).

4. Babenko, I.V. (2019) ‘Current trends in the formation of an integrated inventory management system’, *Proc. SSU. Ser. Economy. Sociology. Management*, 9(6), pp. 135–146 (in Russ.).

5. Dirko, S.V., Lozko, O.I. (2021) ‘Automation of inventory management in trade organizations’, *Proc. Sci. Conf. Intex-2021*, 6, pp. 62–65 (in Russ.).

6. Valiakhmetova, R.E. (2022) *Computer Program "INVENTORY MANAGEMENT"*, Pat RF, № 2022665246.
7. Chistyakova, T.B., Shashikhina, O.E. (2022) 'Intelligent soft package for modeling the planning process of multi-assortment industrial production', *J of Applied Informatics*, 17(5), pp. 41–50 (in Russ.). doi: 10.37791/2687-0649-2022-17-5-41-50.
8. Arendateleva, S.I. (2010) 'Program complex planning production on small business', *Software & Systems*, 23(2), pp. 127–129 (in Russ.).
9. Timoshkina, E.V., Semenova, A.G., Abysheva, I.G. (2018) 'Modern software products for optimizing the process of managing of commodity and material resources at enterprise', *Social-Economic Sci.*, (1), pp. 114–123 (in Russ.).
10. Solomakha, G.M., Khizhnyak, S.V. (2019) 'The architecture of a production processes monitoring system in terms of geographically distributed production', *Software & Systems*, 32(2), pp. 251–257 (in Russ.). doi: 10.15827/0236-235X.126.251-257.

Авторы**Соломаха Геннадий Михайлович**¹,

д.ф.-м.н.,

gsolomakha@yandex.ru

Тулueva Виктория Алексеевна¹, аспирант,

viktoriya-kisk@mail.ru

Хижняк Станислав Виталиевич¹, аспирант,

stanislav.khizhnyak@gmail.com

¹ Тверской государственный университет,
г. Тверь, 170100, Россия**Authors****Gennadiy M. Solomakha**¹,

Dr.Sc. (Physics and Mathematics),

gsolomakha@yandex.ru

Victoria A. Tulueva¹, Postgraduate Student,

viktoriya-kisk@mail.ru

Stanislav V. Khizhnyak¹, Postgraduate Student,

stanislav.khizhnyak@gmail.com

¹ Tver State University,
Tver, 170100, Russian Federation