

УДК 004.89

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОАГЕНТНОГО ПОДХОДА

Чернышев Е.С.

*ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет», Уфа,
e-mail: chernyshevevgenij@rambler.ru*

В настоящей статье приведены исследования проблем при выполнении планирования развития производственных мощностей предприятия – расчет необходимого состава технологического оборудования. Расчеты предлагается выполнять с применением специализированного программного обеспечения поддержки принятия решений для планирования производственных мощностей, интегрированного с информационными системами предприятия. С целью исключения наличия перегруженного оборудования до запуска производства, проверку достаточности оборудования при выполнении расчетов предлагается выполнять в многоагентной системе распределения ресурсов производства. Описана задача определения модельного и количественного состава технологического оборудования для выполнения запланированных объемов производства. Приведены основные шаги решения поставленной задачи. Выполнена алгоритмизация поведения агентов многоагентной системы поддержки принятия решений для планирования развития производственных мощностей. Приведены результаты работы разработанного программного обеспечения для планирования производственных мощностей. Использование в реализуемой системе поддержки принятия решений методов повышения эффективности производственных мощностей предприятия способствует сокращению количества приобретаемого оборудования и финансовых вложений, необходимых в рамках инвестиционных проектов реконструкции и технического перевооружения производства, а также снижению количества неточностей расчетов при планировании развития производственной базы предприятий машиностроения.

Ключевые слова: двигателестроительное предприятие, планирование производства, управление ресурсами, производственные мощности, поддержка принятия решений, многоагентный подход, алгоритмы поведения агентов

ALGORITHMIC SUPPORT FOR DECISION-MAKING DURING PLANNING OF PRODUCTION CAPACITIES OF AN ENTERPRISE USING A MULTI-AGENT APPROACH

Chernyshev E.S.

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, e-mail: chernyshevevgenij@rambler.ru

This article examines the problems of planning the development of production facilities of the enterprise – the calculation of the required composition of technological equipment. It is proposed to perform calculations using specialized decision support software for planning production capacities. This software must be integrated with enterprise information systems. In order to exclude the presence of overloaded equipment before the start of production, it is proposed to check the sufficiency of the calculated equipment in a multi-agent system for allocating production resources. The problem of determining the model and quantitative composition of technological equipment for the implementation of the planned production volumes is described. The main steps for solving the problem are given. Algorithmization of the behavior of agents of a multi-agent decision support system for planning the development of production facilities is carried out. The results of the work of the developed software for planning production capacities are presented. The use in the implemented decision support system of methods for increasing the efficiency of the enterprise's production facilities helps to reduce the amount of purchased equipment and financial investments required in the framework of investment projects for the reconstruction and technical re-equipment of production, as well as reduce the number of inaccuracies in calculations when planning the development of the production base of mechanical engineering enterprises.

Keywords: engine-building enterprise, production planning, resource management, production capacity, decision support, multi-agent approach, agent behavior algorithms

При выполнении планирования производственных мощностей на предприятиях машиностроительной отрасли используется подход, основанный на прямом расчете количественного состава оборудования, базирующийся на станкочасах. Такой подход реализует прямую зависимость от трудоемкости изготовления продукции и годовых объемов выпуска конечных изделий. Известные расчеты на основе коэффициен-

тов предусматривают запас для компенсации простоев станочного парка, связанных с выполнением плановых обслуживания и ремонтов, организацией необходимых технических перерывов. Но при этом не берутся в расчет простои станков при ожидании деталей, внезапный выход оборудования из строя или незапланированное отсутствие работников на рабочем месте, также не учитывается квалификация пер-

сонала и техническое состояние оборудования и другие аспекты. В связи с этим расчет количества необходимого технологического оборудования, базирующийся только на станкочасах, часто неточен. Также в технологиях изготовления продукции разными технологами может быть предусмотрен различный состав технологического оборудования, имеющего схожие технические характеристики, но при этом оно чаще всего заменяемое либо взаимозаменяемое. Это ведет к увеличению количества и низкой загрузки имеющегося или приобретаемого технологического оборудования и, следовательно, увеличению инвестиционных затрат, а организация эффективного производства требует грамотно распределять предоставляемые инвестиции. Поэтому для повышения эффективности распределения инвестиций необходимо повышать точность при расчетах количества оборудования.

Предлагается использование специализированного программного обеспечения, разработанного с применением многоагентных технологий, при выполнении планирования развития производственной базы машиностроительных предприятий. Данное программное обеспечение позволит сократить планируемый состав технологического оборудования и инвестиции, необходимые для его приобретения. Многоагентные технологии в задачах распределения производственных ресурсов обеспечивают высокую эффективность работы программного обеспечения, стабильность работы агентов и получаемых результатов [1–3].

Целью исследования является минимизация инвестиций, затрачиваемых для реализации проекта, путем формирования рационального модельного и количественного состава технологического оборудования, обеспечивающего изготовление запланированных объемов продукции.

Выполнимость заданных объемов запланированными производственными мощностями необходимо проверять с помощью оперативно-календарного планирования еще на этапе расчетов и для каждого планируемого периода. Такой подход заблаговременно выявит оборудование с высокой нагрузкой и позволит скорректировать состав оборудования до запуска производства и устранить возникшую перегрузку оборудования.

Постановка задачи

Предположим, требуется организовать новое производство. В рамках данного проекта определена номенклатура, заданы годовые планы производства на несколько

лет, на основе чего необходимо сформировать состав технологического оборудования, применяемого в производстве, а также определить сроки его закупки и внедрения в производство, с учетом минимизации стоимости инвестиционного проекта.

При планировании производственных мощностей могут возникнуть следующие проблемы [4]:

I. Ориентирование расчета количества оборудования на год с максимальным производственным планом ведет к увеличению количества и частичному простоя оборудования в период до максимального производственного плана и последующий.

II. Многообразие применяемого технологического оборудования и его невысокая нагрузка.

III. Однократное приобретение всего запланированного оборудования также создает риск его частичного простоя в период до максимального производственного плана.

Поставленную задачу предлагается решать с помощью многоагентной системы планирования производственных мощностей (МСПИМ). Для оценки корректности выполненных расчетов планируемых производственных мощностей предлагается использовать разработанную многоагентную систему календарного планирования (МСКП) [5], что позволит снизить вероятность возникновения описанных выше рисков и оптимизировать модельный и количественный состав планируемого технологического оборудования.

На рис. 1 представлена функциональная модель процесса планирования производственных мощностей и его основные шаги.

Шаг 1 «Оптимизация производственной программы» (решение проблемы I): часть годового плана переносится на предыдущий год.

Шаг 2 «Прямой расчет количества оборудования» [6, 7]: количество необходимого оборудования рассчитывается на основе станкочасов.

Шаг 3 «Оптимизация состава оборудования» (решение проблемы II): выполняется перенос нагрузки между оборудованием.

Шаг 4 «Анализ плана на выполнение»: полученный в ходе расчетов состав оборудования проверяется на достаточность в МСКП.

Шаг 5 «Анализ результатов ОКП, формирование графиков закупки оборудования, набора персонала» (решение проблемы III): формируется график приобретения оборудования по принципу «точно в срок», то есть с обеспечением его освоения точно к необходимому сроку (году), а не ранее.

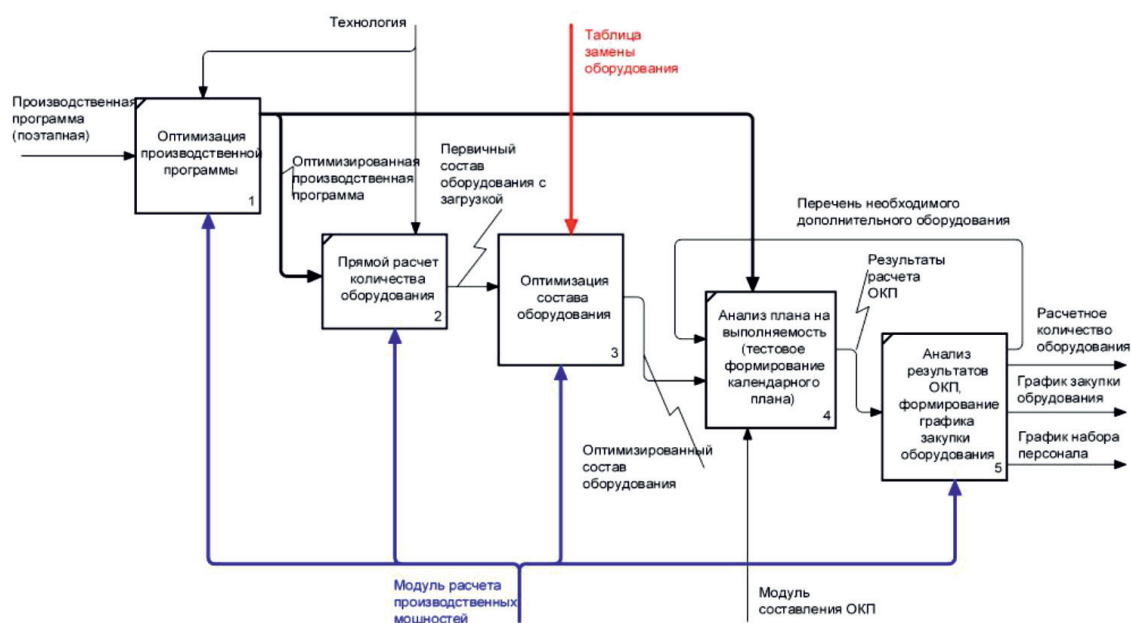


Рис. 1. Функциональная модель постановки задачи

Алгоритмическое обеспечение задачи определения необходимого состава производственных мощностей

Для решения вышеуказанных проблем разработаны следующие методы оптимизации: «сглаживание производственной программы» и перенос нагрузки между оборудованием, также в качестве дополнительной оптимизации используется формирование графика поэтапного приобретения оборудования к нужному сроку [4].

В предметной области планирования производственных мощностей выделены основные сущности, отражающие действия и свойства ее объектов: расчет, программа, объем, деталь, станок и соответствующие типы агентов [8].

Агент «расчет» инициирует агентов «программа» и ожидает поступление результирующей информации от агентов «станок».

Агент «программа» инициирует агентов «объем» с параметром «год – изделие», уникального в рамках расчета.

Сначала агенты «объем» взаимодействуют между собой, находят агента, представляющего то же изделие предыдущего года, и путем переговоров определяют возможный объем изделий для опережающего изготовления – оптимизируют программу производства. После завершения оптимизации, то есть агент «объем» принял и передал часть изделий, если это возможно,

каждый агент создает и инициирует агента «деталь», представляющего вершину изделия в дереве изделия, и передает ему параметр «год – количество», а также сообщает агенту «программа» информацию об объемах в оптимизированной программе производства. Блок-схема алгоритма поведения агента «объем» представлена на рис. 2.

Каждый агент «деталь» (если это узел), для каждой из детали/узла, входящих в ее состав, и их количестве вхождения создает и запускает ряд агентов «деталь» с параметром «год – количество». Параметр «год – количество» состоит из следующих значений: «год» копируется от агента-родителя, «количество» рассчитывается путем умножения из «количества» агента-родителя и количества вхождения в деталь агента-родителя соответствующей дочерней детали. Агент-родитель не уничтожается. После разбиения на узлы (либо отсутствия необходимости) агенты «деталь», в соответствии с технологией изготовления для каждой операции создает и запускает агента «станок», наделяя его параметром «год – модель – трудоемкость». Данный параметр состоит из следующих значений: «год» копируется от агента «деталь», «модель» и «трудоемкость» переносятся из технологии, при этом трудоемкость из технологии умножается на количество деталей, указанного у инициирующего агента «деталь». Блок-схема алгоритма поведения агента «станок» представлена на рис. 3.

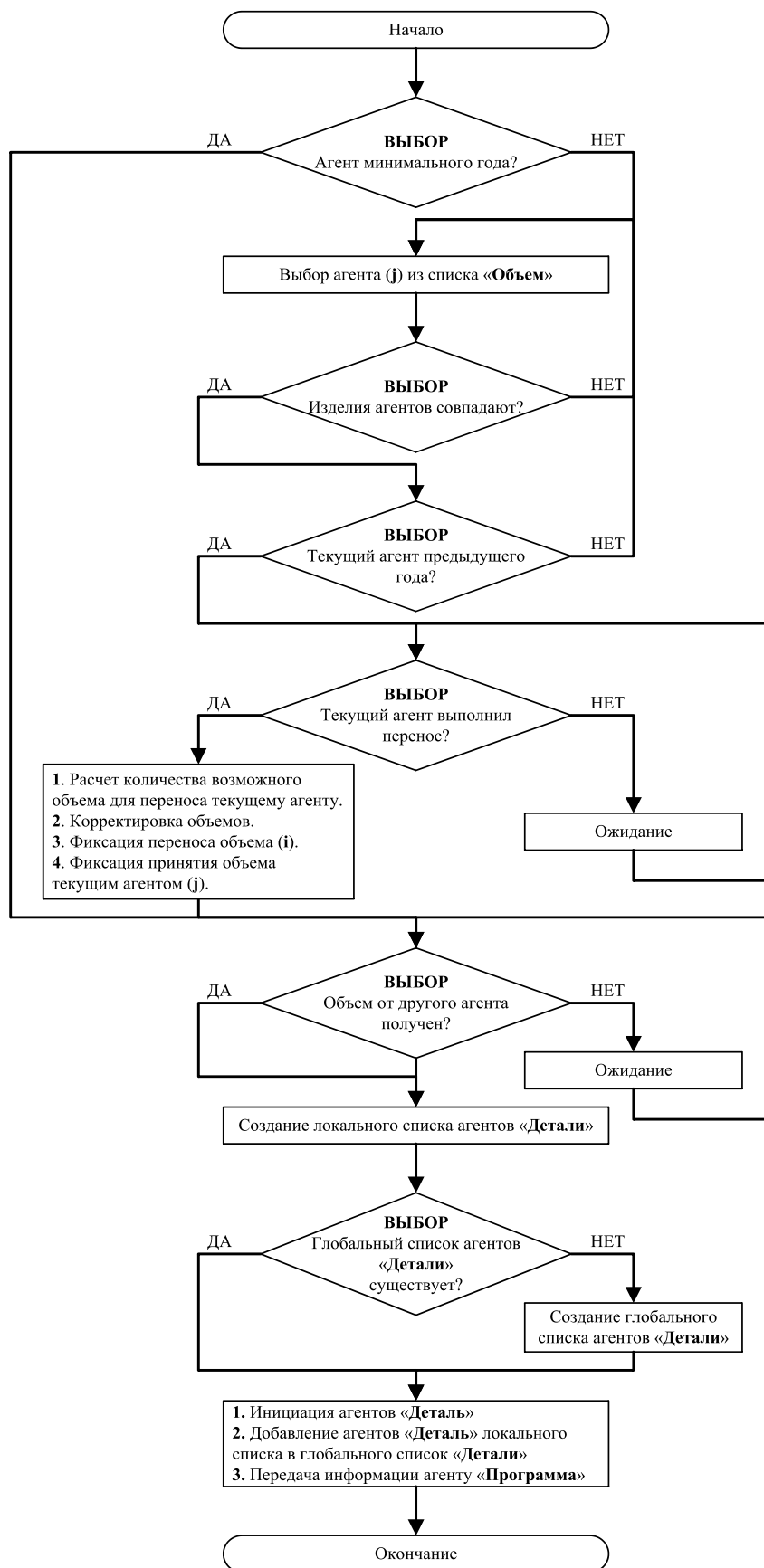


Рис. 2. Алгоритм поведения агента «объем»

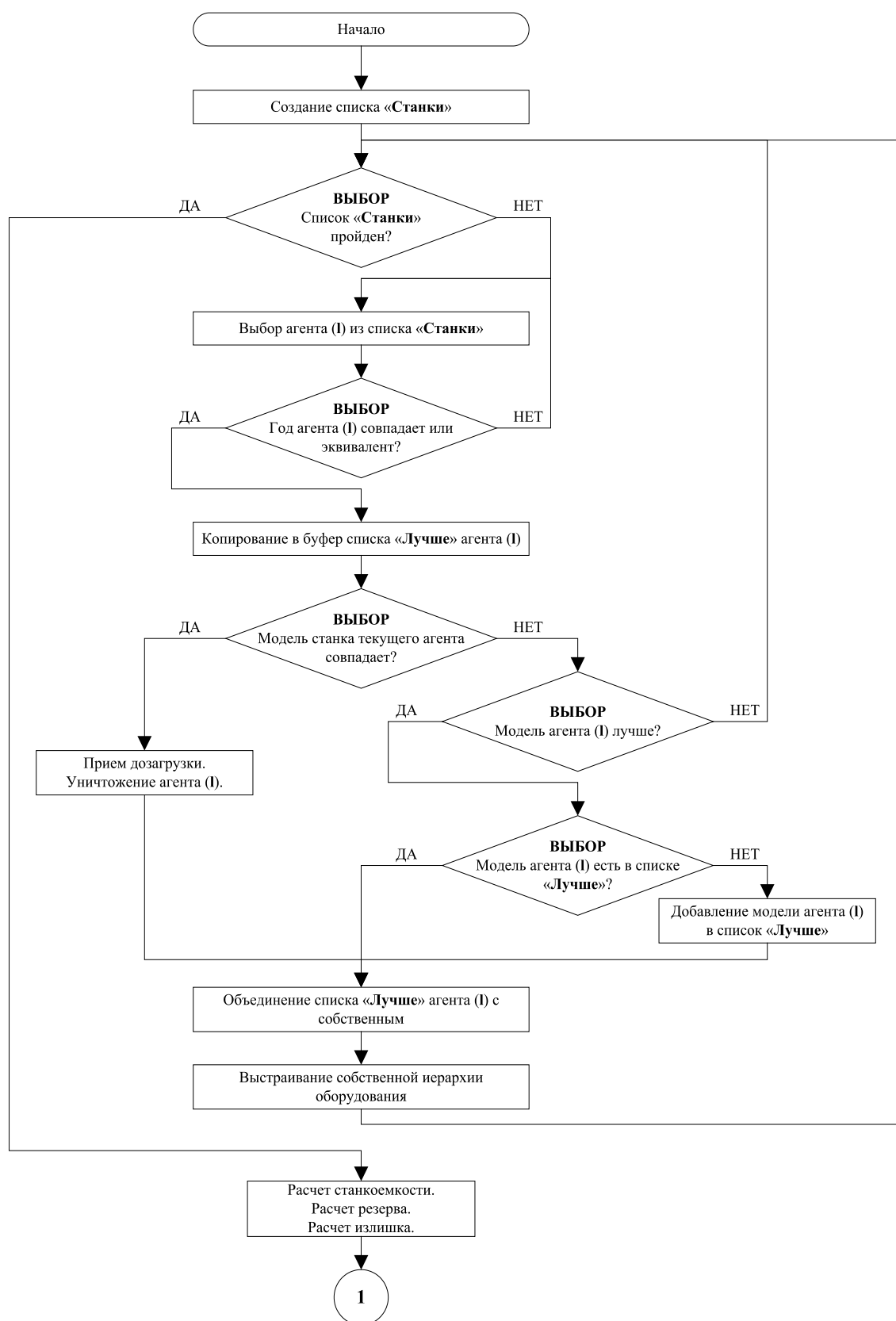


Рис. 3. Алгоритм поведения агента «станок» (начало рисунка)

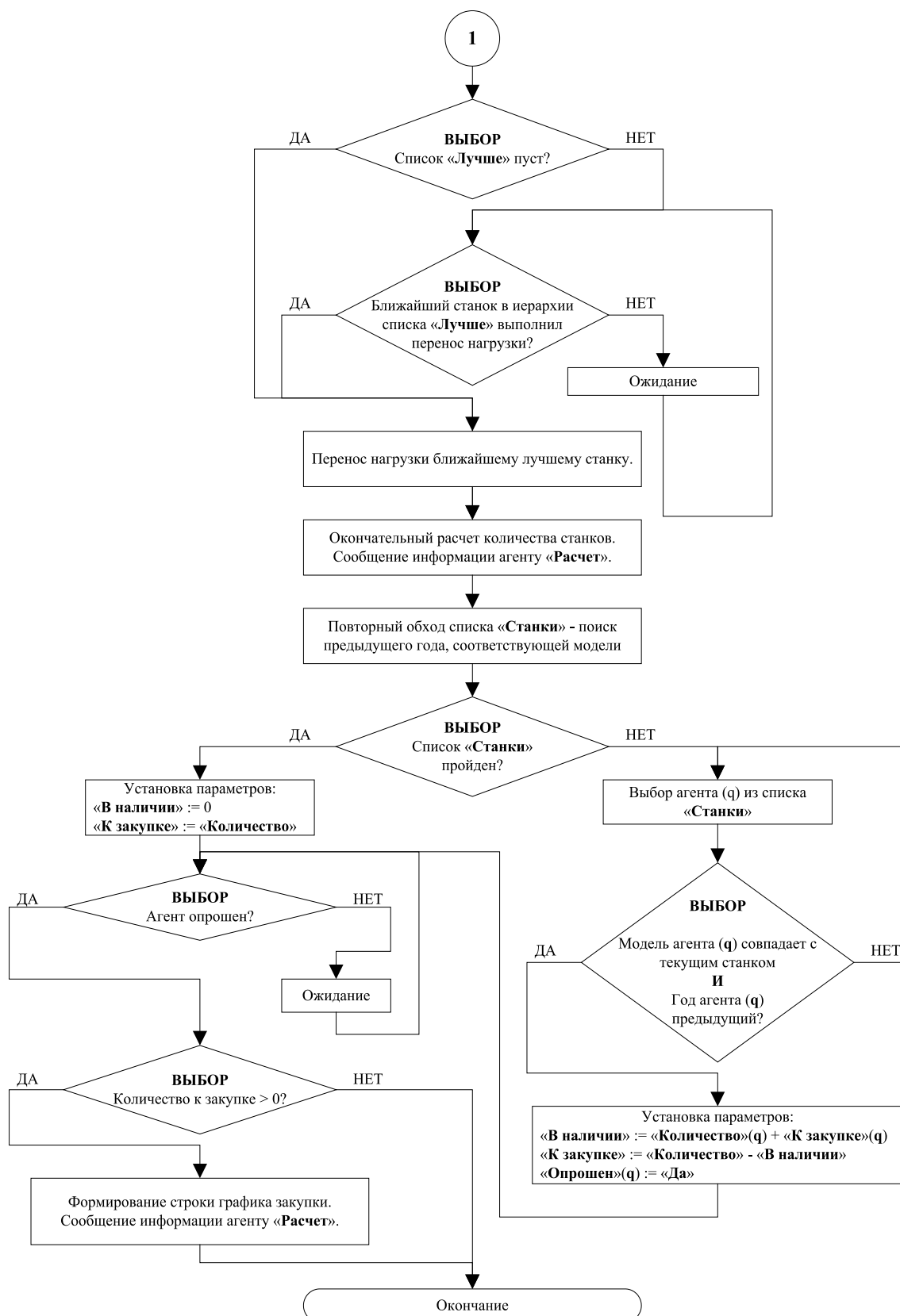
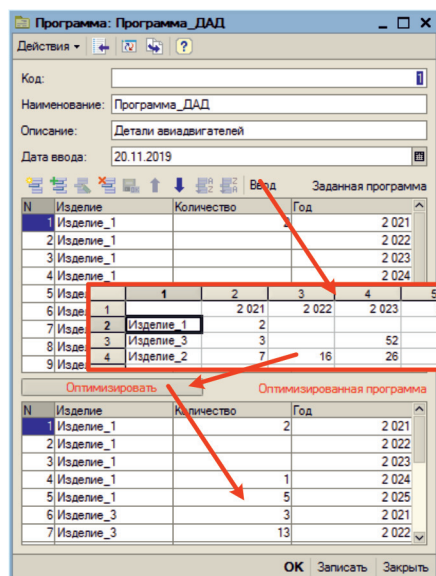


Рис. 3. Алгоритм поведения агента «станок» (окончание рисунка)



а)

	1	2	3	4	5
1	Модель	Нагрузка	Принятое	Цена, млн. руб.	Стоимость, млн. руб.
2	VL-125CM	3	3	120	360
3	VT-950MC	1	1	86	86
4	T800P	4,69	5	40	200
5	G-MIII 1000	1	1	280	280
6	STC800MT	2	2	213	426
7	C42U	1,98	2	140	280
8	Итого:		14		1 632,00

б)

Рис. 4. Диалоговое окно вывода результата оптимизации производственной программы и расчета модельного и количественного состава оборудования

Результаты работы МСППМ

Разработка программного обеспечения выполнена в двух средах разработки: 1С:Предприятие – блок хранения данных, форм ввода/вывода информации и платформа «Embarcadero CodeGear RAD Studio» (язык Delphi) – программирование агентов. Для работы СППР также необходимы установленные MS Word и MS Excel.

На рис. 4 представлены результаты «сглаживания производственной программы» при работе программного обеспечения (а) и результаты расчета модельного и количественного состава оборудования (б).

В результате выполнения расчетов «вручную» на основе разработанных технологий классическим путем получено 22 единицы оборудования на сумму ~2,5 млрд руб., при выполнении аналогичного расчета в МСППМ, выявлена необходимость в 14 единицах технологического оборудования, общей стоимостью ~1,6 млрд руб., снижение составило ~900 млн руб. Что подтверждает эффективность использования данного программного обеспечения.

Заключение

В статье рассмотрена задача расчета модельного и количественного состава технологического оборудования, необходимого для организации новых производств и технического перевооружения действующих.

Проблемы, возникающие при планировании производственных мощностей, предлагается устранять с помощью разработанных методов сокращения состава технологического оборудования. Для реализации программного обеспечения разработаны и описаны алгоритмы поведения агентов МСППМ. Основным отличием предлагаемого подхода от общепринятых является применение специализированного программного обеспечения – МСППМ, базирующегося на многоагентных технологиях, а также интегрированная проверка достаточности рассчитанного оборудования путем распределения ресурсов и формирования календарного плана производства в МСКП. Это позволит повысить эффективность инвестиционных вложений при реализации проектов, а также сократить ошибки при планировании производственных мощностей.

Список литературы

1. Загидуллин Р.Р. Управление машиностроительным производством с помощью систем MES, APS, ERP: монография. Старый Оскол: ТНТ, 2011. 372 с.
2. Ржевский Г.А., Скобелев П.О. Как управлять сложными системами? Мультиагентные технологии для создания интеллектуальных систем управления предприятиями. Самара: Офорт, 2015. 291 с.
3. Скобелев П.О. Интеллектуальные системы управления ресурсами в реальном времени: принципы разработки, опыт промышленных внедрений и перспективы развития // Приложение к журналу «Информационные технологии». 2013. № 1. С. 1–32.

4. Ризванов Д.А., Чернышев Е.С. Методы оптимизации планируемых производственных мощностей предприятия с применением многоагентного подхода // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 8. С. 69–74.

5. Ризванов Д.А., Юсупова Н.И. Применение интеллектуальных технологий управления ресурсами при календарном планировании производства // Интеллектуальные системы в производстве. 2018. Т. 16. № 4. С. 130–137.

6. Волчкевич И.Л. Расчет необходимого количества оборудования при проектировании технологических комплексов в условиях многономенклатурного производства // Электронное научно-техническое издание «Наука и образование».

2012. № 3. [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.booksc.xyz/book/36521259/a1be57> (дата обращения: 21.02.2021).

7. Киселёв Е.С. Методики расчёта механосборочных и вспомогательных цехов, участков и малых предприятий машиностроительного производства. Учебное пособие. Ульяновск: Ульяновский государственный технический университет, 2012. 132 с.

8. Ризванов Д.А., Чернышёв Е.С. Информационное и алгоритмическое обеспечение планирования производственных мощностей // Интеллектуальные системы в производстве. ФГБОУ ВО ИжГТУ им. М.Т. Калашникова. 2020. Т. 18. № 4. С. 117–125.