

Сальникова Наталья Анатольевна

ПОСТРОЕНИЕ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКИХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

***Аннотация:** в главе рассматриваются различные варианты построения транспортно-складских автоматизированных технологических комплексов. При постановке вопроса повышения производительности работы складского комплекса всегда возникает много вопросов, от квалифицированного решения которых будут зависеть скорость, стоимость и эффективность обработки единицы товара. Способов улучшения складских операций существует несколько. В статье приводится описание и сравнительная характеристика организации канальных, сетевых и стержневых транспортно-складских автоматизированных технологических комплексов.*

***Ключевые слова:** системный подход, системы управления, объект управления, параметры управления, транспортно-складская система, автоматизированный технологический комплекс, логистика.*

***Abstract:** the chapter examines various options for constructing automated transport and warehouse technological complexes. When raising the issue of increasing the productivity of a warehouse complex, many questions always arise, the qualified solution of which will determine the speed, cost and efficiency of processing a unit of goods. There are several ways to improve warehouse operations. The article provides a description and comparative characteristics of the organization of channel, network and rod automated transport and warehouse technological complexes.*

***Keywords:** systems approach, control systems, control object, control parameters, transport and warehouse system, automated technological complex, logistics.*

Введение

Усложнение современного производства, постоянная модернизация используемых технологий вызывает необходимость в оперативной перестройке производственного процесса. Для решения возникающих проблем применяют

гибкие автоматизированные производства, строящиеся на базе новых автоматизированных систем управления технологическими процессами [4; 8].

С целью совершенствования производства и уменьшения затрат на транспортировку необходимо создать правильную организацию транспортного хозяйства предприятия и эффективную систему планирования грузоперевозок.

Назначение транспортного хозяйства предприятия заключается в полном удовлетворении потребностей предприятия в грузоперевозках при максимальном использовании транспортных средств и минимальной себестоимости транспортных операций.

Общим для любых транспортно-складских систем является цель функционирования. Различные транспортно-складские системы отличаются только методами достижения цели. Одним из наиболее эффективных методов реализации цели является транспортно-складской автоматизированный технологический комплекс (ТС АТК). ТС АТК представляет собой систему, предназначенную для реализации транспортно-складского процесса на базе автоматизации и механизации отдельных этапов процесса [10, 12].

Рассматривая вариант построения транспортно-складских АТК, следует отметить, что наиболее перспективными на сегодняшний день являются следующие:

- канального типа на базе дискретного транспорта;
- сетевого типа на базе гетерогенных систем;
- сетевого типа на базе гомогенных систем;
- стержневые ТС АТК.

Склады являются одним из важнейших элементов логистических систем. Склад – это здания, сооружения и разнообразные устройства, предназначенные для приемки, размещения и хранения поступивших на них товаров, подготовки их к потреблению и отпуску потребителю. Когда появляется задача улучшить производительность работы складского комплекса, всегда возникает несколько вопросов, от квалифицированного решения которых будут зависеть скорость, стоимость и эффективность обработки единицы товара. Способов улучшения

складских операций существует несколько, но, как правило, повысить эффективность работы склада с помощью одного инструмента не удастся [1, 5].

Первое, что необходимо учитывать, что без предварительной экспертизы для определения существующего положения дел на складе и выявления узких мест не обойтись. Сначала требуется проанализировать существующую технологию, при необходимости провести исследования зданий и сооружений на предмет их соответствия той логистике, которую планируется внедрить. Если складской комплекс уже имеет какую-то систему автоматизации, не обойтись без выводов о ее актуальности, вариантах адаптации или замены другим решением, больше соответствующим новым потребностям склада. Самое важное, что экспертизу текущего состояния складского комплекса и последующую реализацию проекта его реинжиниринга должна осуществлять одна команда [9]. В противном случае эффективность проведенных работ может быть равна нулю.

1. Транспортно-складские АТК канального типа.

Транспортно-складской канал представляет собой структурную конфигурацию типа: входной склад – транспортный маршрут – выходной склад. Склады последовательного типа (материальный поток проходит через склад) расположены в источниках и стоках материальных потоков. Промежуточное складирование отсутствует, но транспортные маршруты каналов могут входить в структурные конфигурации: контуры и комплексы. ТС АТК канального типа представляет собой связанную управлением процессом систему каналов.

Применение дискретного (напольного, колесного) транспорта в таких АТК позволяет эффективно использовать перераспределяемые в реальном времени транспортные единицы.

Основными достоинствами канальных ТС АТК являются высокая функциональная надежность (выход из строя отдельных единиц незначительно сказывается на функциональной надежности системы) и неограниченная возможность структурных перестроек (структурная гибкость). Система может обслуживать сколько угодно большое число маршрутов и контуров с нерегулярными, эпизодическими потоками требований в широком диапазоне интенсивностей потоков

при низкой предсказуемости и управляемости потоков. Система хорошо справляется с пиковыми нагрузками в отдельных каналах, многократно превышающими среднюю интенсивность потока. Она обладает парадоксальным качеством: чем сложнее и разветвленное система связей, чем больше размерность вектора потока, больше число маршрутов, каналов и контуров, тем меньшими резервами мощностей обходится система, эффективнее используется технологическое оборудование и технические средства управления [2, 6].

Канальные ТС АТК обладают рядом существенных недостатков. В них недостаточно эффективно используются складские площади и объемы.

Последовательные склады менее эффективны, чем параллельные, но в условиях большой вариации интенсивности потока (свойства метасистемы), а иначе нет необходимости в реализации ТС АТК по каналному принципу, параллельные склады незначительно поднимут эффективность складской системы, но значительно усложнят управление.

В канальных ТС АТК складская подсистема распадается на мелкие складские объекты. Функционально-информационное объединение объектов в систему возможно, но усложнит управление. Дискретный транспорт плохо сопрягается с автоматическими передаточными устройствами. Эффективные устройства автоматической разгрузки и загрузки дискретного транспорта отсутствуют, но даже и при их наличии автоматизация погрузочно-разгрузочных операций во множестве небольших складских объектов будет недостаточно эффективной, часто приходится ограничиться механизацией этих операций.

Основным препятствием для широкого эффективного применения канальных ТС АТК является сложность автоматизации управления процессом, необходимость значительных вычислительных мощностей.

Многочисленные и непрекращающиеся попытки решения задачи на основе субоптимизации по локальным ограничительным критериям (минимум простоя транспорта, очередей, вероятности отказа транспортно-складской системы и т. д.) не приводят к успеху, поскольку решение задачи оказывается далеким от экономической целесообразности (минимум затрат на предприятии в целом) [7; 11].

Автоматизация управления отдельными единицами оборудования вне системы не представляется эффективной и не востребована на сегодняшний день [9].

Канальные ТС АТК приоритетнее по эффективности других транспортно-складских систем при наличии следующих условий:

- большого значения производной функции потерь в ее рабочем диапазоне;
- большого значения коэффициентов вариации потоков;
- большого числа входных и выходных полюсов материальных потоков;
- значительной доли потоков случайного, эпизодического характера, потоков малой интенсивности на значительные расстояния;
- стохастического распределения в пространстве полюсов материальных потоков;
- отсутствия пространственной концентрации полюсов с большими интенсивностями потоков.

2. Сетевые транспортно-складские системы АТК.

Сетевые транспортно-складские системы АТК представляют собой систему, основной структурной конфигурацией которой является комплекс.

Основу структуры составляют: входные полюсы – транспортно-складская сеть (или комплекс более простого типа) – выходные полюсы. В сетевую структуру входят склады, распределенные или сосредоточенные параллельно или комбинированного типов, расположенные в произвольном месте транспортно-складской системы: транспортная система с жесткой структурой, с фиксированными маршрутами и точками слияния и разделения потоков.

Сетевые системы синтезируются преимущественно на основе гетерогенных структур. Они позволяют эффективно использовать непрерывный транспорт, распределенные склады и склады параллельного типа.

Сетевые гомогенные системы в принципе осуществимы, но на основе известного транспортно-складского оборудования трудно реализуемы.

Основными достоинствами сетевых гетерогенных ТС АТК являются:

- сравнительная простота построения системы, управления процессом, особенно, при иерархическом построении;
- стабильность транспортных запаздываний в системе, построенной на основе непрерывного транспорта, что приводит к росту точности прогноза;
- возможность комплексной автоматизации и механизации процесса с исключением человека из технологического процесса управления (на человеке остается задача идентификации груза);
- простота сопряжения технологических операций на основе автоматизации; эффективность использования объемов складов и запасов на основе параллельных и распределенных складов.

Перечисленные достоинства привели к тому, что сетевые структуры ТС АТК на сегодняшний день являются преобладающими. Вместе с тем, в результате недостаточной разработки теории транспортно-складского процесса и системных методов проектирования, положительные свойства и возможности сетевых ТС АТК используются далеко не полностью при построении технологических подсистем, не в полной мере используются возможности сокращения затрат за счет автоматизации управления процессом, а решение задач управления не в полной мере учитывает возможности сетевых систем.

Сетевые ТС АТК обладают рядом недостатков. В первую очередь они сложны в проектировании. Их эффективность в реализации требует применения системных методов проектирования, методов математической оптимизации и моделирования.

Построение сетевых АТК методами физической технологии значительно снижает их эффективность. Сетевые системы предъявляют повышенные требования к функциональной надежности, обеспечение которой еще более усложняет задачу проектирования и управления потоками в сети. Требуется повышенная надежность оборудования, эффективная система блокировок и защит [3].

Структурные перестройки в сетевых АТК по сравнению с канальными существенно ограничены, не всегда имеется возможность (это зависит от свойств

метасистемы) достижения высокого коэффициента использования оборудования и ресурсов, а также ограничены возможности по пиковым нагрузкам.

Эффективность АТК снижается значительно при снижении уровня автоматизации управления процессом, при сужении набора функций управления. Основными вариантами сетевых гетерогенных технологических подсистем ТС АТК являются:

- системы централизованного складирования внешних потоков с каналами передачи потоков между точками потребления материальных ресурсов;
- сетевые системы с параллельным складированием для внутренних потоков и последовательным складированием для внешних потоков.

Первый вариант применяется при незначительной степени автоматизации управления в АТК в том случае, когда отсутствует решение задач оптимизации и решения по управлению процессом принимает человек на основе подготовленной автоматизированной системой управления технологическими процессами информации. Степень автоматизации управления оборудованием в данном случае не имеет значения. АТК такого типа не могут обеспечить качественного управления процессом, что ведет к значительным уровням запасов в системе (обычно на уровне нормативных запасов) и неоптимальной величине интервалов реакции.

Сетевые гетерогенные системы централизованного складирования эффективны в составе ТС АТК при небольших значениях суммарного момента потока, компактном размещении основного производства, небольшого количества входных и выходных полюсов, при высоких значениях функции потерь и последовательной связи по потоку элементов основного производства. Системы этого типа хорошо защищают от вторичных возмущений, вызываемых потоком интервалов реакции.

Технологические системы такого типа строятся на базе статических складов стеллажного оборудования и раздаточного оборудования типа кранов-штабелеров. В элементарных каналах и маршрутах в сетях располагаются ди-

намические накопители с объемом складского опережения, отвечающим транспортному запаздыванию от центральных складов до точек потребления.

Системы позволяют упростить управление потоками в сети за счет разделения управления на управление буферными накопителями и питающими их потоками, регулируя ответвление потоков в центральный склад, и управление запасами в центральном складе за счет управления источниками и стоками.

Сетевые гетерогенные системы иерархического складирования эффективны при больших вариациях потоков и частой структурной перестройке, когда задачи минимизации запаса в системе или на производственных площадях становятся особенно важными.

Эти системы хорошо справляются с задачами при разнесенных полюсах, при большом числе входных и выходных полюсов, при сложных, переменных связях между элементами производственного процесса.

Реализовать системы этого типа вне состава ТС АТК практически невозможно, без автоматизации управления процессом такие структуры не только не эффективны, но и не работоспособны. Невозможна даже чисто техническая реализация этих систем без автоматизированных систем управления, поскольку кодовое администрирование в них неприемлемо. Высокой эффективности эти системы достигают в условии полной автоматизации процессом и оборудованием.

Создание систем этого типа невозможно путем отдельного проектирования технологического объекта управления и автоматизированной системы управления, поскольку технологический объект управления без автоматизированной системы управления не работоспособен и решения в процессе его проектирования не могут приниматься в отрыве от решений по управлению.

3. Стержневые транспортно-складские системы АТК.

Перспективным типом транспортно-складской системы является ТС АТК стержневого типа. Идеология создания таких АТК основана на приоритете транспортно-складского процесса в системе технологических процессов производства. Вместо того, чтобы организовать основное производство, а затем со-

единять технологические маршруты транспортными линиями и создавать систему запасов, создается транспортно-складской стержень в виде компактного единого склада с механизмами передачи грузов, вокруг которого по критерию минимума суммарных моментов располагается оборудование основного производства. Стержневая система начинается входным полюсом, принимающим все материальные потоки извне, и заканчивается выходным полюсом, в котором отгружается продукция предприятия. Вдоль стержня непрерывно распределена зона приема и выдачи материалов, сопряженная непосредственно с производственным оборудованием.

Стержневая система не просто иной тип транспортно-складской системы, она предопределяет принципиально новый способ организации производства, позволяя строить гибкие производственные системы, сочетать преимущества поточного метода с достоинствами организации производства по технологическому принципу.

Функции стержневой системы расширяются от транспортировки и складирования ресурсов до системы защиты производства от потерь. Транспортно-складской процесс становится организующим стержнем производства, одним из рычагов оперативного управления производственными процессами. Функции защиты от потерь стержневая система выполняет на основе управления интенсивностями производственного процесса и распределения ресурсов. В единстве распределения складываемых и нескладываемых ресурсов – основа стержневой системы.

Основным достоинством стержневой системы является возможность распределения всех ресурсов производства по единому критерию максимума показателя эффективности производства. Это многократно повышает эффективность транспортно-складского АТК, который в этом случае лучше назвать системой распределения производственных ресурсов.

Система обладает абсолютной гибкостью. Любые изменения производственных технологических маршрутов, любая замена основного оборудования технологических производственных процессов приведет только к смене про-

граммного обеспечения в незначительной степени. Система обладает большими возможностями для типизации и тиражирования, так как мало зависит от характера производства и предприятия. Практически все машиностроительные предприятия могут оснащаться одним и тем же оборудованием стержневых систем без существенных перестроек, оборудование может разрабатываться, изготавливаться и поставляться независимо от оборудования основного производства. Построение таких систем по модульному принципу позволяет упростить привязку и настройку систем на конкретный объект.

Одновременно с разработкой специализированного оборудования для оснащения стержневых систем можно приступить к созданию таких систем на базе имеющегося оборудования: стеллажных секций, кранов-штабелеров, подъемников, маршевых раздаточных тележек. Существующее программное обеспечение позволяет реализовать функции стержневых систем в полном объеме. Создание стержневых систем является сложной технической задачей. Технологическая система и система управления должны обладать высокой функциональной надежностью. Система должна обеспечивать передачу любого транзакта между двумя произвольными полюсами не менее чем по двум различным маршрутам.

Для стержневых систем велика роль информационных процессов, их эффективность. Отсюда вытекает требование повышенной надежности подсистемы сбора и обработки информации, применения кодов, корректирующих ошибки при передаче информации, обеспечения надежности хранения и восстановления информации. Информация с датчиков должна подвергаться логико-арифметической информационной диагностике и контролю. Управление производственным процессом и материальными потоками должно быть реализовано по адаптивному принципу на основе статистического анализа потоков и запасов.

4. Пример применения методики системотехнического проектирования на Волгоградском моторном заводе.

Изложенные методические основы системотехнического анализа транспортно-складской системы используются при разработке проекта ТС АТК по производству двигателей на Волгоградском моторном заводе.

ТС АТК создается с целью обеспечения поставок предметов труда (заготовок, деталей, сборочных единиц и т. д.) технологическим процессам основного производства с минимизацией потерь от простоев в основном производстве и затрат на защиту от потерь на основе создания запасов и резервов пропускных способностей транспортных каналов.

ТС АТК проектируется как единая система, в которой технологические, информационные задачи и задачи управления подчинены общей цели достижения максимальной эффективности. Общесистемные принципиальные решения по созданию ТС АТК и распределение функций между частями и подсистемами становятся основой построения частей и подсистем ТС АТК; распределение функций между частями и подсистемами производится по принципу обеспечения максимальной эффективности всего комплекса в целом.

В основу построения ТС АТК положены следующие принципы:

- ТС АТК строится как интегральная сложная система;
- управление системой реализуется по следящему принципу;
- связи с интегрированными системами по управлению организуются по принципу критериального управления;
- управление запасами организуется по принципу адаптивного управления.

Технологическая транспортно-распределительная подсистема строится по сетевому принципу с гетерогенной структурой.

Информационная подсистема строится по принципу динамического сбора информации.

ТС АТК создается на основе максимального исключения человека из технологического процесса и процесса управления.

В соответствии со схемой построения основного производства, исходя из сформулированных принципов, структура транспортно-складского АТК включает следующие элементы, которые приведены на рис. 1.

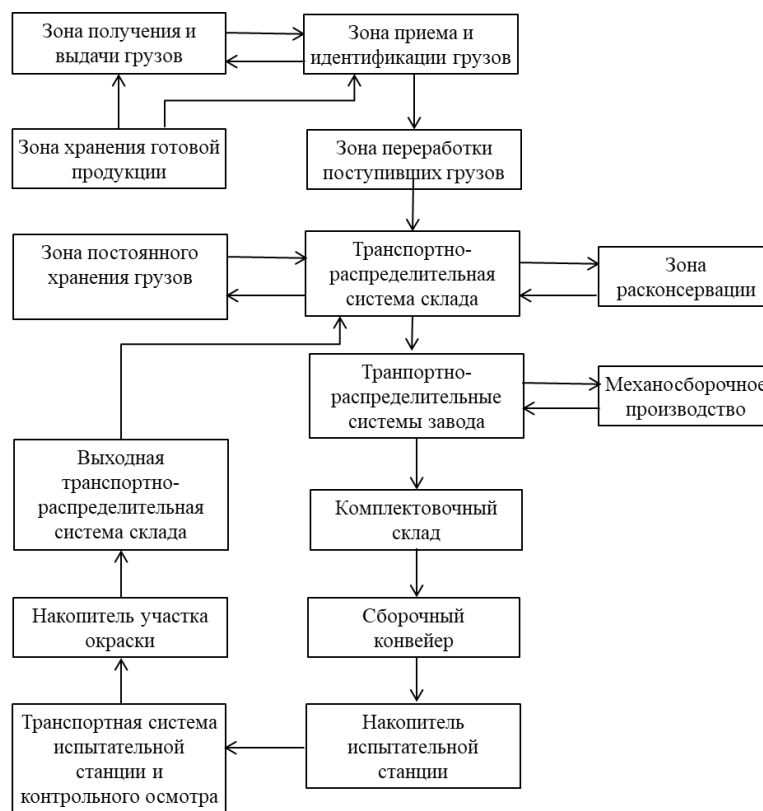


Рис. 1. Структура транспортно-складского АТК

Предусматривается следующая технология работы.

Груз, прибывающий в стандартной таре, разгружается электропогрузчиками. В непосредственной близости к точкам разгрузки проходит транспортная линия склада с отводами в виде роликовых секций.

Транспортно-распределительная система склада осуществляет транспортные связи между зонами склада с высокой пропускной способностью. Система построена на базе роликовых секций и цепных конвейеров. Она связывает между собой в любом требуемом сочетании железнодорожную рампу, контейнерную площадку, зону автомобильного транспорта, зону постоянного хранения, зону приема и выдачи грузов, зону переработки грузов и погрузочно-разгрузочные устройства для взвешивания грузов.

Зона постоянного складирования основного склада включает шестнадцать складских секций с кранами-штабелерами. Протяженность конвейерных путей с накопителями составляет 3000 метров. Склад связан конвейерной системой с механическими цехами, с участками узловой сборки, главным сборочным конвейером, комплектовочным складом и отделением расконсервации. Максимальная интенсивность потока, равная пропускной способности, соответствует максимальной производительности сборочного конвейера.

Для зоны комплектования прорабатывается два принципиально различных подхода к комплектованию: комплектование на основе применения вложенной иерархической тары и частичное комплектование по сборочным позициям на основе перекладки грузов.

Иерархическая вложенная тара представляет собой последовательность типоразмеров тары, позволяющих осуществлять плотное вложение одного типоразмера в другие. Целесообразно применять до пяти-семи уровней вложений. Применение иерархической тары позволяет задачу комплектования свести к задаче перемещения вложенных тар без перекладки грузов.

Конвейерная система транспортировки двигателей связывает узловую сборку, главный сборочный конвейер, испытательную станцию, участок окраски двигателей, отделение доукомплектования и склад готовой продукции, совмещенный с главным складом корпуса. Комплектовочный склад обеспечивает статическое параллельное хранение потока деталей из механических цехов на общую и узловую сборку и потока деталей, поступающих на комплектование.

Технологическая подсистема ТС АТК обеспечивает его функционирование в широком диапазоне условий. Система позволяет осуществить полную автоматизацию процессов транспортировки и складирования, автоматизацию погрузочно-разгрузочных операций, необходимые пропускные способности и объёмы хранения.

Заключение

Для реализации системного проектирования, создания эффективных ТС АТК предстоит большая теоретическая работа по детализации анализа и синте-

за структуры, функций и характеристик транспортно-складского процесса, созданию теоретически обоснованной системы, обеспечивающей возможность построения эффективных ТС АТК на основе гомогенных и гетерогенных структур, по разработке принципов построения и системы сбора информации, математическому моделированию, алгоритмизации и программированию основных задач проектирования таких систем.

Список литературы

1. Беспалов Р.С. Транспортная логистика. Новейшие технологии построения эффективной системы доставки / Р.С. Беспалов. – М.: Транспорт, 2019. – 317 с.
2. Бобров В.П. Транспортные и загрузочные устройства автоматических линий / В.П. Бобров, Л.И. Чеканов. – М.: Машиностроение, 2021. – 118 с.
3. Вороненко В.П. Алгоритм проектирования технологических планировок предметно-замкнутых участков механообрабатывающих цехов серийного производства / В.П. Вороненко, Я.В. Соколова // Вестник МГТУ Станкин. – 2012. – №1 (19). – С. 67–78.
4. Вороненко В.П. Проектирование машиностроительного производства / В.П. Вороненко, Ю.М. Соломенцев, А.Г. Схиртладзе. – М.: Дрофа, 2017. – 380 с. – EDN ZBULWZ
5. Лопухов Н.В. Логистический паспорт региона / Н.В. Лопухов, Н.А. Сальникова // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2014. – Т. 11. №14 (141). – С. 82–84.
6. Лопухов Н.В. Обоснование необходимости создания и использования имитационной модели логистики города / Н.В. Лопухов, Н.А. Сальникова // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2013. – Т.10. №13 (116). – С. 85–87.
7. Палагин Ю.И. Транспортная логистика: мультимодальные перевозки. Технология, оптимизация, управление: учеб. пособие / Ю.И. Палагин. – СПб.: Политехника, 2015. – 316 с.

-
8. Сальникова Н.А. Автоматизация проектирования транспортно-складской системы предприятий / Н.А. Сальникова // Современная наука: от теории к практике: монография. – Пенза, 2020. – С. 123–134. – EDN JCQUHT
9. Сальникова Н.А. Использование электронных торговых площадок для реализации государственных и муниципальных закупок: перспективы развития / Н.А. Сальникова, Р.Э. Агаев, Ю.А. Заборовская // Научный вестник Волгоградского филиала РАНХиГС. Серия: Экономика. – 2015. – №1. – С. 71–74. – EDN UKINQD
10. Сальникова Н.А. Системный подход к методике автоматизации проектирования транспорта и складов предприятий / Н.А. Сальникова // Экономика и современный менеджмент: в поисках новой модели инновационного развития. – Пенза, 2019. – С. 81–90. – EDN YUGBWP
11. Сальникова Н.А. Структурирование физических знаний в поисковом конструировании технических систем / Н.А. Сальникова // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2013. – Т. 17. №14 (117). – С. 118–122. – EDN RCDDSV
12. Соколова Я.В. Проектирование оптимальной планировки при реконструкции и техническом перевооружении производства / Я.В. Соколова // Научные труды II Международной конференции «Фундаментальные исследования и инновационные технологии в машиностроении». – 2012. – Т. 2. – С. 96–103.
-

Сальникова Наталия Анатольевна – канд. техн. наук, доцент кафедры информационных систем и математического моделирования Волгоградский институт управления (филиал) Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, Волгоград, Россия.
