

О.И. Косенков  
С.А. Лагунов, кандидат технических наук  
В.И. Гусев, кандидат технических наук  
В.Б. Артеменко, кандидат технических наук

## **К вопросу о построении архитектуры информационной системы управления жизненным циклом техники Железнодорожных войск**

*В статье предложена архитектура информационной системы управления жизненным циклом техники Железнодорожных войск, построенная на принципах анализа логистической поддержки. Информационная система направлена на снижение стоимости технической эксплуатации с учетом выполнения требований по готовности парка техники.*

Одним из важных проблемных вопросов эксплуатации техники Железнодорожных войск (ЖДВ) на сегодня остаются достаточно высокие затраты на обеспечение требуемого уровня готовности парка техники. Снижение затрат на эксплуатацию может быть достигнуто за счет повышения обоснованности управленческих решений на всех стадиях жизненного цикла (ЖЦ):

на этапе исследований – за счет повышения обоснованности требований к эксплуатационно-техническим характеристикам;

на этапах разработки – за счет более глубокой проработки решений по построению системы технической эксплуатации, оценки соответствия конструкции изделия требованиям к эксплуатационно-техническим характеристикам;

на стадии эксплуатации – за счет более рационального накопления и расходования запасных частей и материалов, эффективной организации технического обслуживания и ремонта (ТОиР) изделий.

Реализация перечисленных способов повышения обоснованности решений по управлению ЖЦ техники ЖДВ возможна посредством обеспечения сбора и анализа более подробной и полной информации о конструкции изделия, его техническом состоянии, запасах и движении материальных средств, планах ТОиР и т. д., что и обуславливает необходимость создания автоматизированной информационной системы управления ЖЦ техники ЖДВ (ИСУ ЖДВ). При этом весьма важной задачей является обоснование архитектуры информационной системы, обеспечивающей достижение поставленных целей, в нашем случае – снижение затрат на поддержание готовности парка техники. Разработке предложений по архитектуре информационной системы управления ЖЦ техники ЖДВ в контексте снижения затрат на поддержание ее готовности и посвящена настоящая статья.

### **Архитектура информационной системы управления жизненным циклом техники ЖДВ**

Отталкиваясь от принципа декомпозиции и иерархии управления в кибернетике, определены следующие основные уровни в системе управления ЖЦ техники ЖДВ:

Главное управление начальника Железнодорожных войск (ГУН ЖДВ), научно-исследовательский испытательный центр специальной техники ЖДВ (НИИЦ СТ ЖДВ);

воинские части, войсковые ремонтные органы, склады запасных частей, инструмента и принадлежностей (ЗИП);

головные исполнители опытно-конструкторских работ, заводы-изготовители.

Выбранная декомпозиция представляется достаточно полной и не перегруженной деталями. По-видимому, данная структура может быть рекомендована в качестве типового решения для построения начального варианта архитектур ИСУ ЖЦ.

Объектом управления является ЖЦ техники ЖДВ – совокупность взаимосвязанных процессов последовательного изменения состояния изделий военной техники: от формирования исходных требований к ним до снятия их с эксплуатации, списания (окончания применения или хранения). Здесь следует отметить, что процесс управления ЖЦ техники вообще и ЖДВ в частности не является непрерывным. Он осуществляется в определенных моментах ЖЦ, названными контрольными рубежами (КР) [1]. В этих точках проводится анализ состояния ЖЦ техники и принимаются решения по дальнейшей реализации ЖЦ (приемка этапов ОКР, принятие на вооружение (снабжение), начало производства, ремонт, доработка, модернизация, списание, утилизация).

Повышение обоснованности принимаемых решений в КР и должна обеспечивать создаваемая ИСУ ЖЦ.

Очевидно, для этого потребуется реализация в ИСУ ЖЦ определенного методического аппарата, позволяющего оценить состояние техники, спрогнозировать, как изменится это состояние при принятии того или иного решения, какие для этого необходимы ресурсы (финансовые, временные, кадровые и т. д.). Для решения этих задач целесообразно использовать методологию и технологии интегрированной логистической поддержки (ИЛП), под которой понимается совокупность видов деятельности, осуществляемых головным разработчиком изделия совместно с другими участниками жизненного цикла изделия и направленных на формирование системы технической эксплуатации изделия, обеспечивающей эффективное использование изделия при приемлемой стоимости его жизненного цикла<sup>1</sup>.

Системообразующим элементом ИЛП является анализ логистической поддержки (АЛП) – инженерная дисциплина, связанная с моделированием системы технической эксплуатации изделия, расчетом ее параметров, включая планирование технического обслуживания (ремонта) и материально-технического обеспечения, выбор и оценку эксплуатационно-технических характеристик изделия<sup>2</sup>. В общем случае при выполнении АЛП предусматривают:

рассмотрение вариантов конструкции изделия;

моделирование технической эксплуатации по каждому варианту конструкции изделия с учетом необходимых элементов инфраструктуры, средств ТОиР, кадровых ресурсов (трудозатрат), запасных частей, материалов и т. д.;

оценивание (прогноз) стоимости каждого варианта конструкции и стоимости его эксплуатации, а также уровня эксплуатационно-экономической эффективности изделия;

контроль эксплуатационно-технических характеристик (ЭТХ) изделия при его испытаниях и использовании по назначению для выявления факторов, оказывающих негативное влияние на уровень эксплуатационно-экономической эффективности изделия.

АЛП должен выполняться с началом проектирования изделия и до снятия его с эксплуатации. Результаты АЛП, расчетные оценки эксплуатационных и технико-экономических показателей в виде базы данных (БД) АЛП используются для управления ЖЦ эксплуатируемых изделий и проектирования образца следующего поколения.

С учетом выполняемых работ по АЛП предлагается следующая модель ЖЦ техники ЖДВ, представленная на рисунке 1.

Последовательное применение процедур ЛСИ → ЛСФ → АВПКО → АООН предоставляет исходные данные для последующих шагов АЛП: разработки регламента и технологии технической

1 ГОСТ Р 53394-2017 «Интегрированная логистическая поддержка. Термины и определения».

2 ГОСТ Р 53392-2017 «Интегрированная логистическая поддержка. Анализ логистической поддержки».

го обслуживания; расчета параметров МТО; подготовки данных для интерактивных электронных руководств; расчета затрат, связанных с обслуживанием, а также предоставляет исходные данные для оценки и расчета запасов в комплектах ЗИП<sup>1</sup>. АЛП является одним из важнейших процессов поддержки изделия: «это основной инструмент для разработки изделий с учетом требований к технологичности, надежности, контролепригодности и для снижения стоимости ЖЦ, определения всех необходимых ресурсов для поддержки изделия при его использовании во время эксплуатации»<sup>2</sup>.

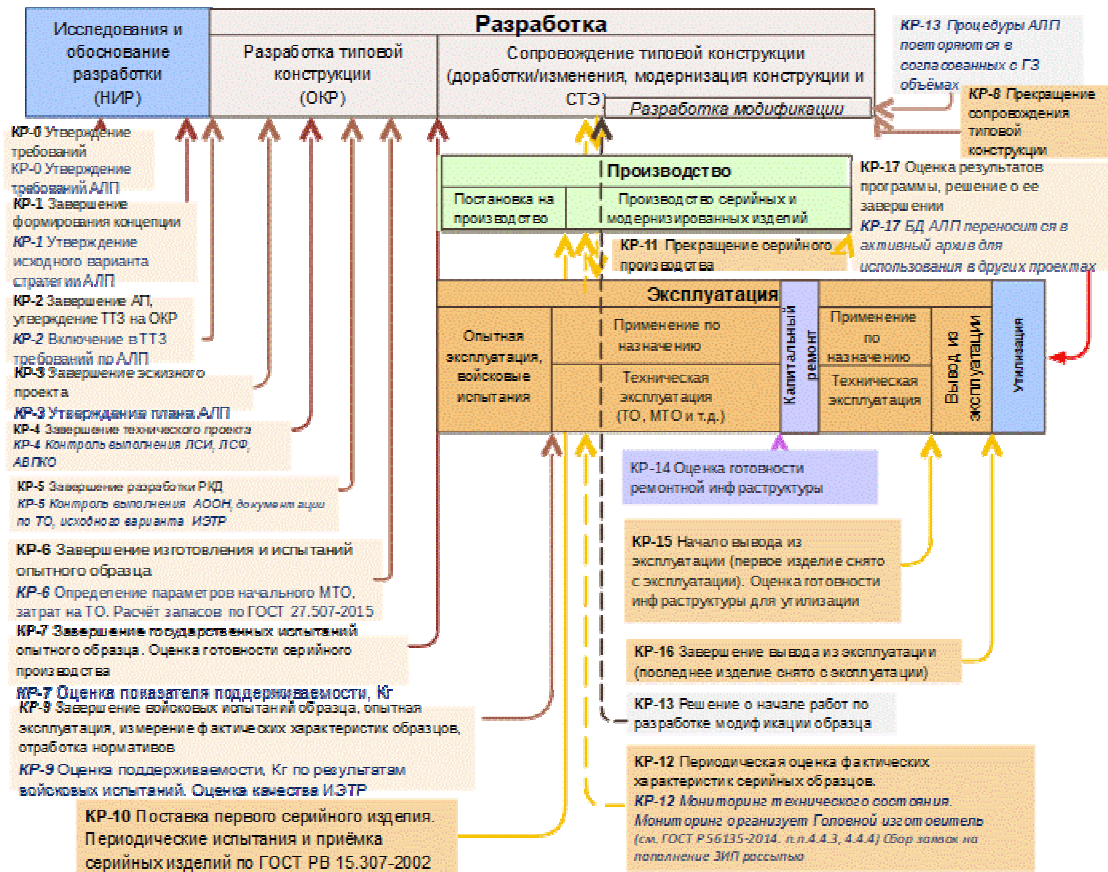


Рисунок 1 – Модель жизненного цикла с набором контрольных рубежей (синим цветом обозначен контекст АЛП)

КР – контрольный рубеж; ТТЗ – тактико-техническое задание; ОКР – опытно-конструкторская работа; ЛСИ – логическая структура изделия; ЛСФ – логистическая структура функций; АВПКО – анализ видов, последствий и критичности отказов; АООН – анализ обслуживания, обеспечивающий надежность; ЗИП – запасные части, инструменты и принадлежности; ИЭТР – интерактивные электронные технические руководства; МТО – материально-техническое обеспечение; Кг – коэффициент готовности; БД – база данных

Исходя из уровней системы управления ЖЦ техники ЖДВ и модели ЖЦ техники ЖДВ, рассматриваемой в контексте АЛП, предлагается следующая обобщенная архитектура ИСУ ЖДВ, схема которой приведена на рисунке 2.

В соответствии с определенными выше уровнями системы управления ЖЦ техники ЖДВ в состав ИСУ ЖДВ предлагается включить следующие элементы:

- 1) программно-технический комплекс (ПТК) ГУН ЖДВ, НИИЦ СТ ЖДВ;

1 ГОСТ 27.507-2015 «Надежность в технике. Запасные части, инструменты и принадлежности. Оценка и расчет запасов».

2 ГОСТ Р 53392-2017 «Интегрированная логистическая поддержка. Анализ логистической поддержки».

- 2) ПТК батальона ЖДВ;
- 3) автоматизированная система (АС) разработчика техники ЖДВ;
- 4) автоматизированная система изготовителя техники ЖДВ.

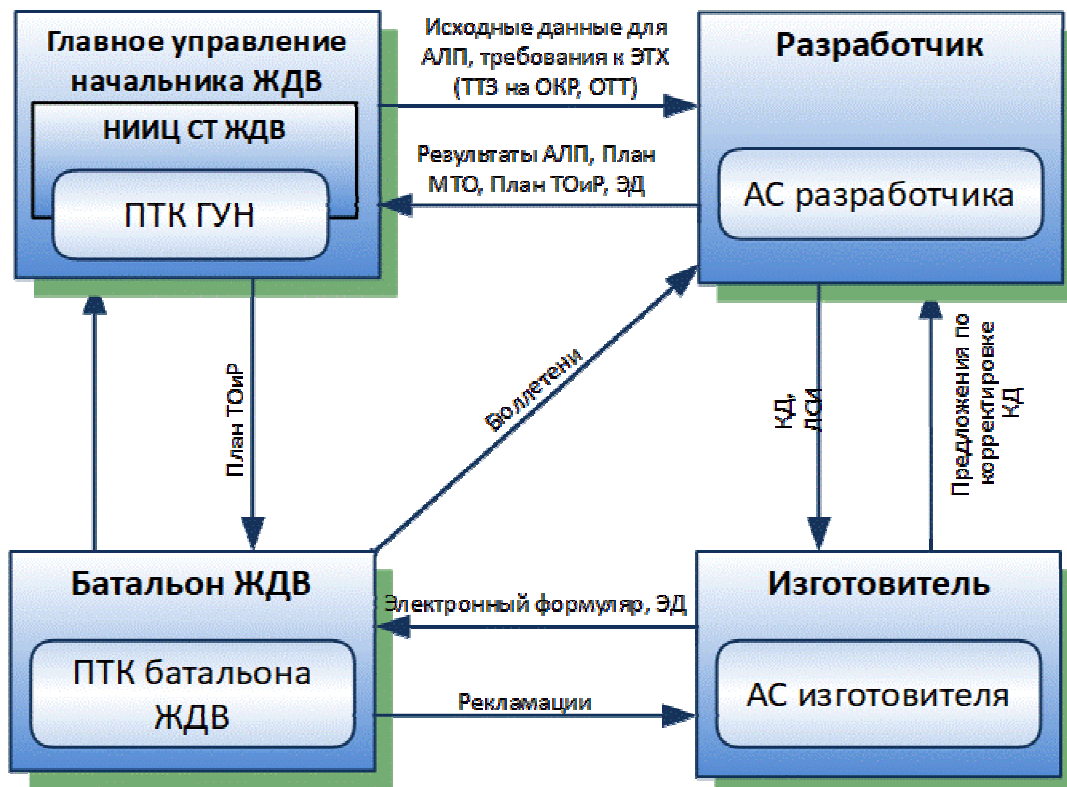


Рисунок 2 – Архитектура ИСУ ЖДВ в контексте АЛП

Автоматизированная система разработчика техники ЖДВ обеспечивает решение следующих основных задач:

- 1) проведение анализа логистической поддержки, в том числе формирование логистической структуры изделия на основе конструкторской структуры изделия;
- 2) функциональный анализ и построение логистической структуры функций изделия;
- 3) описание сценариев использования изделия;
- 4) проведение АВПКО;
- 5) расчет периодичности проведения профилактических работ;
- 6) определение перечня задач технического обслуживания, разработка технологий и регламентов обслуживания в форме плана ТОиР;
- 7) расчет объемов и периодичности поставок запасных частей (виды и состав комплектов ЗИП, номенклатурных перечней предметов снабжения ВС РФ);
- 8) расчет стоимости эксплуатации изделия;
- 9) подготовку эксплуатационной документации, в том числе интерактивных электронных технических руководств;
- 10) анализ данных о надежности эксплуатируемых изделий, поступающих от потребителя, и разработка предложений по снижению стоимости эксплуатации и повышению надежности (технической готовности) изделий;
- 11) прием исходных данных для проведения АЛП (состав техники, требования к готовности, условия и интенсивность эксплуатации и др.), а также требования к изделию в форме тактико-технического задания на ОКР, нормативных документов, поступающих из ГУН ЖДВ;

12) поставку результатов АЛП в ГУН ЖДВ, частично предприятию-изготовителю.

АС изготовителя предназначена для решения следующих задач:

- 1) подготовка электронных каталогов и интерактивной ремонтной документации;
  - 2) формирование БД о составе изделия (электронного формуляра изделия) для каждого экземпляра изделия и их передачи в эксплуатирующую организацию;
  - 3) получение данных о результатах эксплуатации, анализ данных об отказах в виде рекламаций и подготовка отчетов о надежности эксплуатируемых изделий;
  - 4) техническое сопровождение (в рамках гарантийного обслуживания) производимой техники.
- Электронная эксплуатационная документация вместе с изделием поступает в воинские части, осуществляющие эксплуатацию техники ЖДВ.

ПТК батальона ЖДВ предназначен для автоматизации деятельности технических служб, лиц, эксплуатирующих технику ЖДВ на уровне батальона, роты, взвода ЖДВ, персонала складов, баз хранения и обеспечивает автоматизированное решение следующих задач:

- 1) хранение и ведение электронной эксплуатационной документации, в том числе электронных каталогов запчастей, ведение электронного формуляра изделий ЖДВ;
- 2) учет наличия, движения и технического состояния материальных средств, находящихся в эксплуатации, на хранении;
- 3) формирование планов ТОиР;
- 4) учет выполняемых работ по ТОиР;
- 5) формирование и подача заявок на пополнение ЗИП;
- 6) подготовка донесений о техническом состоянии, выполнении мероприятий ТОиР;
- 7) формирование рекламаций и доведение их до предприятий – изготовителей;
- 8) учет доработок по бюллетеням.

Основные формируемые сведения о техническом состоянии техники, заявки на выполнение работ и пополнение ЗИП передаются в ПТК ГУН ЖДВ.

ПТК ГУН ЖДВ предназначен для функционирования в ГУН ЖДВ и НИИЦ СТ ЖДВ и обеспечивает автоматизированное решение следующих задач:

- 1) анализ и обобщение заявок (донесений) воинских частей, эксплуатирующих технику ЖДВ;
- 2) мониторинг ЭТХ и затрат на эксплуатацию ЖДВ;
- 3) формирование планов снабжения соединений ЖДВ;
- 4) планирование работ по поддержанию и восстановлению техники, в том числе с привлечением предприятий промышленности в рамках сервисного обслуживания, авторского, технического надзора;
- 5) планирование закупок материальных средств для пополнения ЗИП;
- 6) подготовка предложений в государственный оборонный заказ в части закупки техники, ЗИП, ремонта, сервисного обслуживания техники;
- 7) учет расходования запасов материальных средств;
- 8) уточнение норм расхода запчастей, нормативов трудозатрат на выполнение ТОиР;
- 9) обоснование предложений по совершенствованию системы эксплуатации техники ЖДВ.

Следует отметить, что предлагаемая обобщенная архитектура ИСУ ЖДВ и состав задач, решаемых ее основными элементами, достаточно очевидны и во многом подходят для построения аналогичных информационных систем в других родах войск.

Задача обоснования архитектуры ИСУ ЖДВ усложняется при переходе к ее более детальному проектированию, когда необходимо ответить на вопросы о конкретном размещении в воинских частях программно-технических средств, каналах связи, составе информации, хранимой на каждом уровне, способах взаимодействия с АС предприятий, решениях по обеспечению безопасности информации и т. д.



Данная задача взаимосвязана с инфраструктурой воинских частей, складов, баз хранения, ремонтно-восстановительных органов, составом эксплуатируемой техники, протекающими логистическими процессами. Поэтому при обосновании архитектуры ИСУ ЖДВ необходимо учитывать упомянутые факторы, что является отличительной особенностью автоматизированных систем управления ЖЦ образцов ВВТ.

### Методический подход к оценке технико-экономической эффективности ИСУ ЖДВ

Автоматизация процессов управления ЖЦ изделий, и техники ЖДВ в частности, требует значительных затрат на разработку проекта автоматизированной системы, закупку, развертывание и монтаж средств автоматизации. Поэтому разработка ИСУ ЖДВ нуждается в научно обоснованной оценке эффективности.

Эффективность ИСУ ЖДВ предлагается оценивать как отношение разности затрат на техническую эксплуатацию до автоматизации и после автоматизации к затратам на создание ИСУ ЖДВ.

Каким же образом возможно снижение затрат на техническую эксплуатацию изделий за счет создания ИСУ ЖДВ? Ведь автоматизация существующих процессов управления ЖЦ, если и позволит повысить их оперативность и снизить трудоемкость, то это будет весьма незначительная экономия, которая теряется на фоне длительного ожидания нужных комплектующих, не оптимального формирования складских запасов, перерасхода ресурсов на транспортировку, обслуживание и ремонт техники. Поэтому автоматизация процессов управления без их оптимизации с учетом возможностей компьютерных технологий не только не повышает эффективность функционирования системы технической эксплуатации, а напротив, зачастую приводит к ее ухудшению.

Преимуществом автоматизации является наличие более полной и актуальной информации об объекте управления, что позволяет принимать более рациональные решения и тем самым достигать существенного эффекта. Применительно к ИСУ ЖДВ в качестве такого объекта может быть выбрано распределение мест хранения, номенклатура и объемы запасных частей для техники ЖДВ, поскольку запасные части составляют основную долю затрат на техническую эксплуатацию, а полнота и готовность ЗИП оказывают решающее влияние на готовность парка машин ИСУ ЖДВ, охватывающая ПТК батальонов ЖДВ и ПТК ГУН ЖДВ, как было изложено выше, должна обеспечивать ведение информации по учету и движению запасных частей в местах их хранения, наличию и ресурсах эксплуатируемой техники и обладать возможностями по оперативному обмену информацией между всеми участниками управления. В этом случае открывается возможность построения более совершенной системы обеспечения запчастями, которая позволит сократить запасы и обеспечить требуемую готовность техники. Рассмотрим это на следующем примере (рисунок 3).

Пусть имеется два батальона ЖДВ и  $m$  машин одного типа в каждом батальоне ЖДВ. При этом  $m = 3$  ед. Среднегодовая наработкамашины составляет  $\mu = 600$  часов. Имеется запчасть  $i$  для данного типа машины с наработкой на отказ  $T_i^{омк} = 9000$  часов.

Рассматриваемый период времени равен  $T = 1$  год. Тогда в среднем на периоде времени  $T$  потребность в запчасти  $i$  составит:

$$y_i = \frac{T m \mu}{T_i^{омк}} = 0,2.$$

Это означает, что запасная часть  $i$  используется редко, т. е. расходуется 0,2 ед. в год на три машины.

Существующая структура системы обеспечения запчастями основана на хранении ЗИП в батальоне ЖДВ (ЗИП-О и ЗИП-Г) и центральной базе. Центральную базу будем считать неисчерпаемым источником пополнения<sup>1</sup>.

1 ГОСТ 27.507-2015 «Надежность в технике. Запасные части, инструменты и принадлежности. Оценка и расчет запасов».

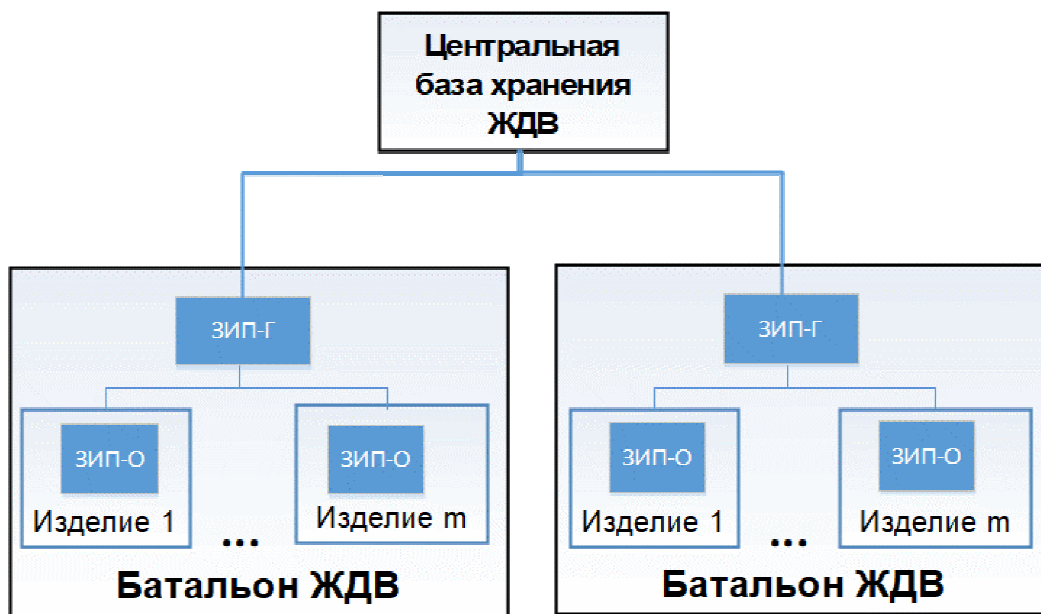


Рисунок 3 – Существующая система управления запасами

Можно показать, что для поддержания готовности техники, при котором вероятность наличия  $i$ -й запасной части в ЗИП на периоде времени  $T$  составляет  $P_i(T)=0,9$ ; требует запаса  $i$ -й запасной части в батальоне при малом количестве техники, примерно равного числу машин  $m$ . Соответственно стоимость запаса  $i$ -й запасной части в одном батальоне ЖДВ составит:

$$S_i \approx mc_i,$$

где  $C_i$  – стоимость  $i$ -й запасной части;

$m$  – количество машин.

В системе обеспечения запасными частями, функционирование которой происходит на основе ИСУ ЖДВ (в новой системе, рисунок 4), можно определить некоторое место хранения запасной части  $i$  общее для нескольких батальонов ЖДВ – общий склад, такой, который с учетом географической удаленности позволит поддерживать заданную готовность техники  $P_i^{Общ}(T)=0,9$ , а из состава ЗИП батальонов запасную часть  $i$  исключить. При этом ИСУ ЖДВ будет обеспечивать оперативный заказ запасной части с общего склада.

Тогда затраты на  $i$ -ю запасную часть в новой системе на два батальона ЖДВ составят:

$$S_i^{Новая} = nc_i,$$

где  $n$  – объем запасов запасной части  $i$ ,  $n < m$ .

Сокращение затрат на формирование запаса для запасной части  $i$  составит:

$$S_i^{Существующая} - S_i^{Новая} = (m-n)c_i.$$

Принимая во внимание, что количество таких редко используемых запасных частей достаточно большое, получаем существенный выигрыш в затратах на пополнение ЗИП. При этом решение задачи выбора оптимальной структуры системы обеспечения запасными частями может быть произведено с помощью технологий АЛП и моделирования системы технической эксплуатации.

Оптимизация снабжения запчастями – это только лишь один из способов повышения эффективности технической эксплуатации. Комплексное решение задачи построения системы технической эксплуатации на основе методов и технологий ИЛП и автоматизации процессов управления ЖЦ позволит добиться еще большего сокращения затрат на эксплуатацию изделия и обеспечить требуемую готовность парка техники.

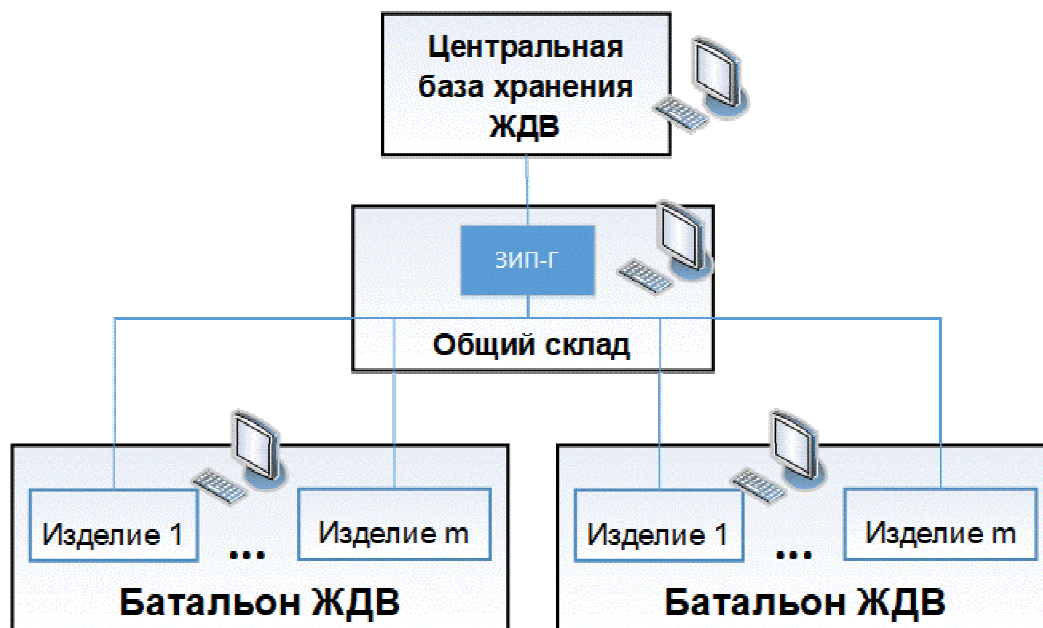


Рисунок 4 – Новая система управления запасами на основе ИСУ ЖДВ

В частности, необходимо сформировать полную ЛСИ, а также перечень ожидаемых отказов функциональной структуры (ФС) и элементов ФС. Для рассматриваемых видов отказов необходимо выбрать методы восстановления и распределить их между уровнями системы ТОиР. Перечисленные задачи также подлежат автоматизации в рамках ИСУ ЖДВ.

В целях проверки достоверности расчетов параметров системы технической эксплуатации и уточнения ее моделей, необходимо проведение мониторинга эксплуатации изделий с оценкой получаемых фактических эксплуатационных показателей. Это целесообразно осуществлять эксплуатирующими организациями совместно с разработчиками, изготовителями изделий и ОВУ на основе ИСУ ЖДВ на принципах анализа логистической поддержки.

Таким образом, задача оценки эффективности и выбора оптимального варианта структуры ИСУ ЖДВ должна решаться совместно с оптимизационной задачей построения системы технической эксплуатации изделий ЖДВ. Последняя является весьма сложной и ее решение целесообразно осуществлять на основе применения ИЛП и моделирования процессов технической эксплуатации, что позволит детализировать предложенную обобщенную архитектуру ИСУ ЖДВ: построить обоснованную, рассмотренную со всех точек зрения, не только в контексте АЛП, структуру системы, гарантирующую эффективность ее функционирования на всех этапах управления жизненным циклом техники ЖДВ.

#### Список использованных источников

1. Судов Е.В., Кондрашина С.К. О концепции управления жизненным циклом изделий // Машиностроение и смежные отрасли. – 2015. – № 8 (100). – С. 17-21.