

*На правах рукописи*

**КАЧУРИН Виталий Владимирович**



**ОБОСНОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВА МОБИЛЬНЫХ ЗВЕНЬЕВ  
ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ  
ПОСЕВНЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ АГРЕГАТОВ**

Специальность 05.20.03 – Технологии и средства технического  
обслуживания в сельском хозяйстве

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Челябинск – 2014

Работа выполнена на кафедре «Эксплуатация машинно-тракторного парка» ФГБОУ ВПО «Челябинская государственная агроинженерная академия».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
**Плаксин Алексей Михайлович**

Официальные оппоненты: **Адигамов Наиль Рашатович**,  
доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой «Технический  
сервис» ФГБОУ ВПО «Казанский  
государственный аграрный университет»

**Королев Александр Егорович**,  
кандидат технических наук, доцент, доцент  
кафедры «Технические системы в АПК»  
ФГБОУ ВПО «Государственный аграрный  
университет Северного Зауралья»

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Омский государственный  
аграрный университет имени  
П. А. Столыпина»

Защита состоится «4» июля 2014 г., в 13.00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.069.01 на базе ФГБОУ ВПО «Челябинская государственная агроинженерная академия» по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им. В. И. Ленина, 75.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВПО «Челябинская государственная агроинженерная академия» <http://www.csa.ru>.

Автореферат разослан «30» апреля 2014 г.

Ученый секретарь  
диссертационного  
совета



Плаксин  
Алексей Михайлович

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Широкое внедрение ресурсосберегающих технологий производства зерна в сельскохозяйственные предприятия (СХП) агрохолдингов стало возможным благодаря инвестициям в техническое переоснащение растениеводства. В результате основу механизированных процессов в настоящее время составляют комбинированные машинно-тракторные агрегаты – посевные и почвообрабатывающие комплексы. Потенциальная производительность посевных комбинированных агрегатов за смену составляет 80...100 га. Однако в результате неэффективности работы инженерных служб и недостаточной оснащенности их материальной базы (как правило, инвестирование в их развитие минимально) коэффициент использования рабочего времени смены агрегатов не превышает  $\tau = 0,50...0,60$ . Основной причиной их многочисленных простоев является низкая безотказность сельхозмашин. Нарботка у них на отказ на порядок меньше наработки на отказ тракторов. Сократить продолжительность простоев агрегатов можно путем практической реализации процесса восстановления их работоспособности мобильными звеньями, основу которых составляют передвижные ремонтные мастерские (ПРМ-А) с необходимым для устранения последствий отказов машин оборотным фондом запасных частей, обменных агрегатов.

Для обоснования параметров процесса восстановления работоспособности комбинированных агрегатов нужны методики проектирования, которые бы учитывали современные особенности их использования: территориальную рассредоточенность СХП и полей в агрохолдингах, конструктивную сложность агрегатов, низкую безотказность сельхозмашин и ослабленность инженерных служб для формирования обменного фонда составных частей машин (СЧМ), необходимых для восстановления их работоспособности. Это обусловило выбор темы исследования, соответствующей программе научного обеспечения АПК РФ «Разработка научной основы развития системы технологического обеспечения сельскохозяйственного производства, создание машин и энергетики нового поколения, формирование эффективного инженерно-технического сервиса в условиях рыночной экономики».

**Целью исследования** является повышение эффективности процессов использования и восстановления работоспособности

посевных комбинированных агрегатов на основе устранения последствий их отказов мобильными звеньями.

**Объект исследования:** процессы использования и восстановления работоспособности посевных комбинированных агрегатов мобильными звеньями по устранению последствий отказов машин.

**Предмет исследования:** закономерности изменения параметров процесса использования, безотказности и восстановления работоспособности посевных комбинированных агрегатов; взаимосвязь параметров процессов использования и восстановления работоспособности агрегатов мобильными звеньями.

**Задачи исследования:**

1. Установить закономерности изменения трудоемкости устранения последствий отказов комбинированных посевных агрегатов, фонда полезных трудозатрат мобильного звена при восстановлении их работоспособности.

2. Дать аналитическое описание взаимосвязи продолжительности простоев комбинированных посевных агрегатов с количеством мобильных звеньев, суточным пробегом ПРМ-А, наличием оборотного фонда составных частей машины (СЧМ) в них.

3. Разработать методику экспериментальных исследований, установить показатели использования, безотказности и ремонтпригодности комбинированных посевных агрегатов и параметры процесса восстановления их работоспособности мобильными звеньями.

4. Дать технико-экономическую оценку эффективности реализации мобильного процесса восстановления работоспособности комбинированных посевных агрегатов.

**Научная новизна основных положений, выносимых на защиту:**

– закономерности изменения трудоемкости устранения последствий отказов комбинированных посевных агрегатов в зависимости от состава, наработки за посевной цикл и на отказ, трудоемкости восстановления работоспособности агрегатов;

– закономерности изменения полезного фонда трудозатрат мобильного звена от суточного пробега ПРМ-А, наличия в них оборотного фонда СЧМ для устранения последствий отказов посевных агрегатов, продолжительности их простоев при восстановлении работоспособности машин;

– аналитическое описание взаимосвязи технико-экономических показателей процесса использования комбинированных посевных агрегатов с параметрами процесса восстановления их работоспособности мобильными звеньями;

– результаты экспериментальных исследований.

**Практическая значимость работы и реализация ее результатов.** Использование инженерными службами СХП агрохолдингов результатов исследования при проектировании процесса восстановления работоспособности комбинированных агрегатов в растениеводстве, практическое использование мобильных звеньев для устранения последствий отказов агрегатов позволяют обеспечить эффективное применение высокопроизводительных комплексов, сократить затраты ресурсов при возделывании зерновых культур.

Результаты работы приняты к внедрению на СХП агрохолдинга ООО «Агро-Ситно», используются в учебном процессе ФГБОУ ВПО ЧГАА.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы доложены, обсуждены и одобрены на ежегодных научно-практических конференциях Челябинской государственной агроинженерной академии (г. Челябинск, 2010–2014 гг.), а также на производственном совещании инженеров агрохолдинга ООО «Агро-Ситно» (2014 г.), на совещании главных инженеров, специалистов РУСХ, сельскохозяйственных предприятий Челябинской области: «Обеспечение работоспособности тракторов при выполнении весенних полевых работ в агротехнические сроки за счет эффективного использования имеющихся в СХП ресурсов и рациональной организации технического обслуживания и ремонта МТП» (г. Челябинск, 2013 г.), республиканской научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения».

**Публикации.** По результатам исследований опубликовано 11 научных работ, в том числе 2 в изданиях, рекомендованных ВАК, 1 патент на полезную модель.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов по работе, библиографии из 113 наименований. Общий объем работы составляет 208 страниц машинописного текста, содержит 29 таблиц, 48 рисунков и 15 приложений.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель работы, ее научная и практическая значимость, основные положения, выносимые на защиту.

**Первая глава** «Состояние вопроса и задачи исследования» содержит анализ эффективности механизированных процессов в растениеводстве, тенденций их технико-технологической модернизации. Рассмотрены особенности реализации ресурсосберегающих технологий производства зерновых культур на сельскохозяйственных предприятиях агрохолдингов. Выявлено, что принципиальной особенностью производства зерновых культур в агрохолдингах является наличие значительных площадей пашни (от 30–40 до 80–100 тыс. га), которые сосредоточены от центральных организационно-инженерных центров на расстоянии до 30...80 км. Технической основой процессов возделывания зерновых являются комбинированные посевные и почвообрабатывающие агрегаты, энергетическая основа которых – тракторы с единичной мощностью дизелей в диапазоне 300–500 л.с. и 5–8-го классов тяги. Ширина захвата посевных агрегатов составляет 10–18 м, а рабочая скорость достигает 12–15 км/ч. Тракторы в составе таких агрегатов имеют относительно высокую безотказность, последняя характеризуется наработкой на отказы 2-й и 3-й групп сложностей в среднем в пределах 300–400 моточасов. Но у комбинированных, конструктивно сложных агрегатов, работающих на повышенных скоростях, наработка на отказ технологических машин (СХМ) в 10 и более раз меньше по сравнению с тракторами. В результате при коэффициенте готовности у тракторов в диапазоне  $K_r = 0,95...0,97$ , у сельхозмашин  $K_r = 0,70...0,75$  среднее значение коэффициента готовности комбинированных агрегатов находится в пределах 0,67...0,73.

Вышеизложенное предопределяет необходимость реализации процесса восстановления работоспособности комбинированных агрегатов мобильными специализированными звеньями.

Вопросами разработки методик по обоснованию параметров процессов технического обслуживания, восстановления работоспособности машинно-тракторных агрегатов занимались особенно интенсивно в 80–90-е годы предыдущего века ученые: Б.В. Павлов, А.В. Горетый, Г.И. Напалков, А.П. Соломкин, Л.К. Аблин, И.А. Ушаков, В. Пушер, Л.А. Завьялов, Ф.П. Попов, В.Г. Лошкарев,

Л. Д. Ревуцкий, М. Л. Хайкис, В. А. Зорин, Г. П. Гриневич, Е. А. Каменская, А. К. Алферов, А. В. Златопольский, Г. В. Редреев и др.

Однако в связи с обозначенными особенностями использования и обеспечения работоспособности комбинированных агрегатов требуется проведение дополнительных исследований, результаты которых позволили бы при практической реализации повысить эффективность процесса восстановления работоспособности машин, что предопределило задачи исследования.

Во второй главе «Теоретические исследования процесса восстановления работоспособности посевных комбинированных агрегатов мобильными звеньями» исследованы закономерности: изменения трудоемкости устранения последствий отказов комбинированных агрегатов в зависимости от их состава и интенсивности использования, показателей безотказности и ремонтпригодности машин; изменения фонда полезных трудозатрат слесарей мобильного звена в зависимости от количества ПРМ-А, их суточного пробега, наличия в них оборотного фонда СЧМ; изменения продолжительности простоев агрегатов, технико-экономических параметров процессов их использования и восстановления работоспособности.

Основой решения этих задач стало исследование взаимосвязей параметров процессов использования и восстановления работоспособности комбинированных посевных агрегатов.

В процессе использования агрегатов происходит ухудшение их технического состояния, что обуславливает увеличение количества отказов и трудоемкости устранения их последствий, как следствие, увеличивает продолжительность простоя агрегатов. Эти показатели формируют потребность в мобильных звеньях (количество ПРМ-А), оборотном фонде СЧМ, своевременности их доставки к посевным агрегатам.

Количество мобильных звеньев  $n_{мзj}$  определяется соотношением

$$n_{мзj} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ров.мтаij}}{D_{pj} \cdot K_{см} \cdot t_{смj} \cdot N_{чел} \cdot \tau_{ij}}, \text{ шт.}, \quad (1)$$

где  $\sum_{i=1}^n T_{ров.мтаij}$  – суммарная трудоемкость ремонтно-обслуживающих воздействий (РОВ) в  $j$ -м цикле использования МТА при выполнении  $i$ -го вида работ, чел.-ч/цикл;

$D_{pj}$  – количество рабочих суток мобильного звена в течение  $j$ -го цикла, сут./цикл;

$K_{см}$  – коэффициент сменности мобильного звена;

$t_{смj}$  – продолжительность смены мобильного звена, ч;

$N_{чел}$  – количество слесарей-ремонтников мобильного звена, чел.;

$\tau_{ij}$  – коэффициент полезного использования времени смены мобильным звеном.

В развернутом виде суммарная трудоемкость ремонтно-обслуживающих воздействий имеет вид:

$$\sum_{i=1}^n T_{ров.мтаij} = \sum_{k=1}^p \sum_{i,j=1}^n \frac{A_{мтаij}}{W_{ч.мтаij}} \cdot K_{з.тр} \cdot n_{мтаij} \cdot \left( \frac{T_{о.трkij}}{t_{о.ср.трkij}} + \frac{n_{схmj} \cdot T_{о.схmmij}}{t_{о.ср.схmmji}} \right), \quad (2)$$

где  $A_{мтаij}$  – объем выполненной работы  $i$ -м МТА в  $j$ -й цикл работ, физ. га/цикл;

$W_{ч.мтаij}$  – часовая производительность  $i$ -го МТА в  $j$ -й цикл работ, га/ч;

$K_{з.тр}$  – коэффициент загрузки трактора;

$n_{мтаij}$  – количество задействованных  $i$ -х МТА в  $j$ -м цикле работ, шт.;

$T_{о.трkij}$  – средняя трудоемкость устранения последствий отказов  $k$ -х тракторов в  $i$ -м МТА, в  $j$ -м цикле работ, чел.-ч/цикл;

$t_{о.ср.трkij}$  – средняя наработка на отказ  $k$ -х тракторов в составе  $i$ -го МТА в  $j$ -й цикл работ, моточас;

$n_{схmj}$  – количество задействованных  $m$ -х сельхозмашин в  $j$ -м цикле работ, шт.;

$T_{о.схmmij}$  – средняя трудоемкость устранения последствий отказов  $m$ -х сельхозмашин в  $i$ -м МТА в  $j$ -м цикле работ, чел.-ч/цикл;

$t_{о.ср.схmmji}$  – средняя наработка на отказ  $m$ -х сельхозмашин в составе  $i$ -го МТА в  $j$ -й цикл работ, моточас.

Таким образом, суммарная трудоемкость ремонтно-обслуживающих воздействий комбинированных агрегатов определяется трудоемкостью РОВ тракторам и сельхозмашинам, которая в свою очередь зависит от величины показателей: объема выполненных работ, количества используемых агрегатов, наработки тракторов и сельхозмашин на отказ, трудоемкости устранения их последствий (рисунок 1).



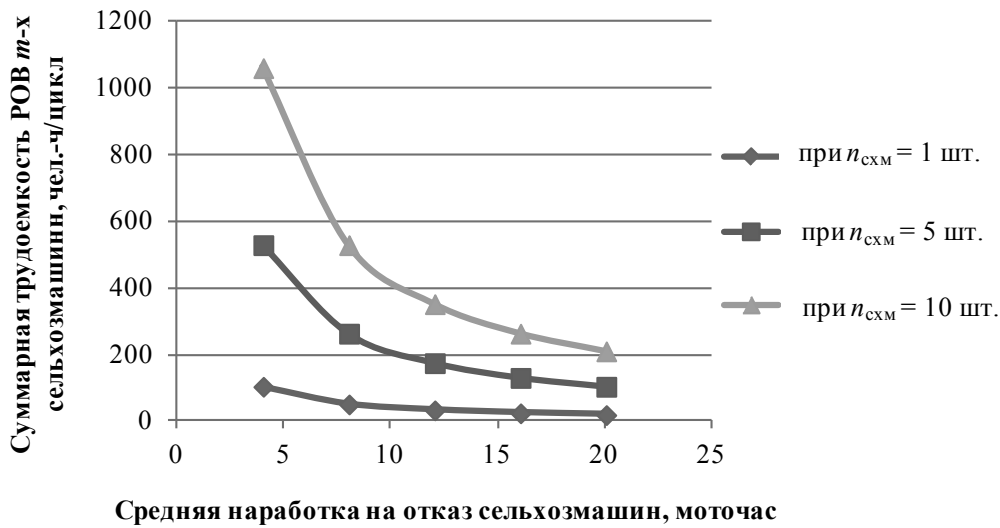


Рисунок 1 – Зависимость суммарной трудоемкости проведения РОВ сельхозмашинам от их наработки на отказ

В зависимости от продолжительности самообслуживания  $t_{сож}$  ПРМ-А, ее пробега  $t_{ххj}$  и простоя при ожидании доставки СЧМ  $t_{ожj}$  при их отсутствии в обменном фонде ПРМ-А коэффициент полезного использования времени смены мобильным звеном будет равен

$$\tau_{иj} = \frac{t_{pj}}{t_{pj} + t_{с.ож} + t_{ххj} + t_{ожj}} = 1 - (\tau_{соj} + \tau_{ххj} + \tau_{ожj}), \quad (3)$$

где  $t_{pj}$  – продолжительность непосредственного устранения последствий отказов МТА за смену, ч;

$\tau_{соj}$  – коэффициент использования времени смены на самообслуживание мобильной мастерской;

$\tau_{ххj}$  – коэффициент использования времени на передвижение ремонтной мастерской;

$\tau_{ожj}$  – коэффициент использования времени на ожидание доставки составной части машины.

Таким образом, коэффициент полезного использования времени смены мобильным звеном зависит от величины потерь времени на самообслуживание ПРМ-А, от продолжительности их переездов к агрегатам для устранения последствий отказов и ожидания доставки СЧМ из-за отсутствия их в оборотном фонде передвижной мастерской.

В развернутом виде с учетом изменения составляющих потерь времени мобильного звена коэффициент использования полезного времени смены определяется по уравнению

$$\tau_{ij} = 1 - \frac{1}{D_{pj} \cdot K_{см} \cdot t_{смj}} \cdot \left( \frac{T_{то} + T_{тр} + T_{к}}{N_{чел}} + \frac{L_{сс} \cdot D_{pj}}{v} + Q_{счj}^{пл} \cdot (1 - \lambda) \cdot t_{ср} \right), \quad (4)$$

где  $T_{то}$ ,  $T_{тр}$ ,  $T_{к}$  – соответственно трудоемкость технического обслуживания, текущего ремонта, комплектования ПРМ-А оборотным фондом, материалами, инструментом, чел.-ч/цикл;

$L_{сс}$  – среднесуточный пробег мобильного звена, км;

$v$  – скорость движения ПРМ-А, км/ч;

$Q_{счj}^{пл}$  – плановый объем потребления составных частей в  $j$ -м цикле работ, шт./цикл (плановый объем потребления СЧМ может рассчитываться по данным предыдущих аналогичных циклов работ машинно-тракторных агрегатов);

$\lambda$  – доля наличия СЧМ в оборотном фонде ПРМ-А;

$t_{ср}$  – средняя продолжительность доставки СЧМ к месту назначения, ч.

В результате из-за уменьшения коэффициента полезного использования времени смены (при увеличении  $L_{сс}$  и уменьшении  $\lambda$ ) фонд полезных трудозатрат мобильного звена уменьшается. Это предопределяет увеличение количества мобильных звеньев в полевой цикл. В развернутом виде аналитическое выражение зависимости количества мобильных звеньев по восстановлению работоспособности посевных агрегатов примет вид

$$n_{мз} = \frac{\sum_{k=1}^p \sum_{i=1}^n \frac{A_{мтаkij}}{W_{ч.мта}} \cdot K_{з.тр} \cdot n_{мтаj} \cdot \left( \frac{T_{о.тпkij}}{t_{о.ср.тпk}} + \frac{n_{схм} \cdot T_{о.схммij}}{t_{о.ср.схмм}} \right)}{D_{pj} \cdot K_{см} \cdot t_{смj} \cdot (1 - \tau_{соj} - \tau_{ххj} - \tau_{ожj}) \cdot N_{чел}}. \quad (5)$$

Исследования взаимосвязи параметров процессов использования и восстановления работоспособности МТА показали, что наибольшее влияние на количество мобильных звеньев, кроме наработки агрегатов за цикл, их безотказность оказывают количество СЧМ в оборотном фонде ( $\lambda$ ), а при их отсутствии в ПРМ-А продолжительность доставки ( $t_{ср}$ ), ее среднесуточный пробег (рисунки 2, 3).

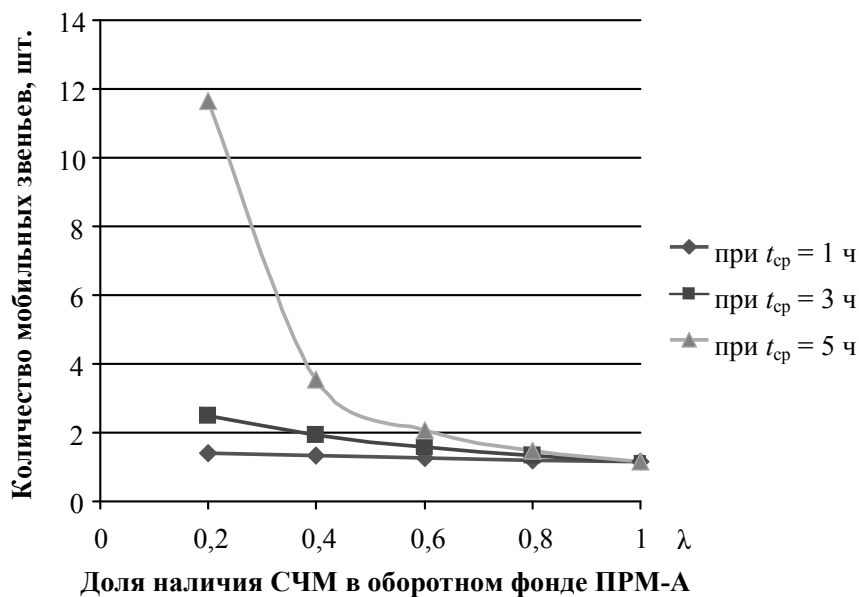


Рисунок 2 – Зависимость количества мобильных звеньев от наличия СЧМ в оборотном фонде ПРМ-А

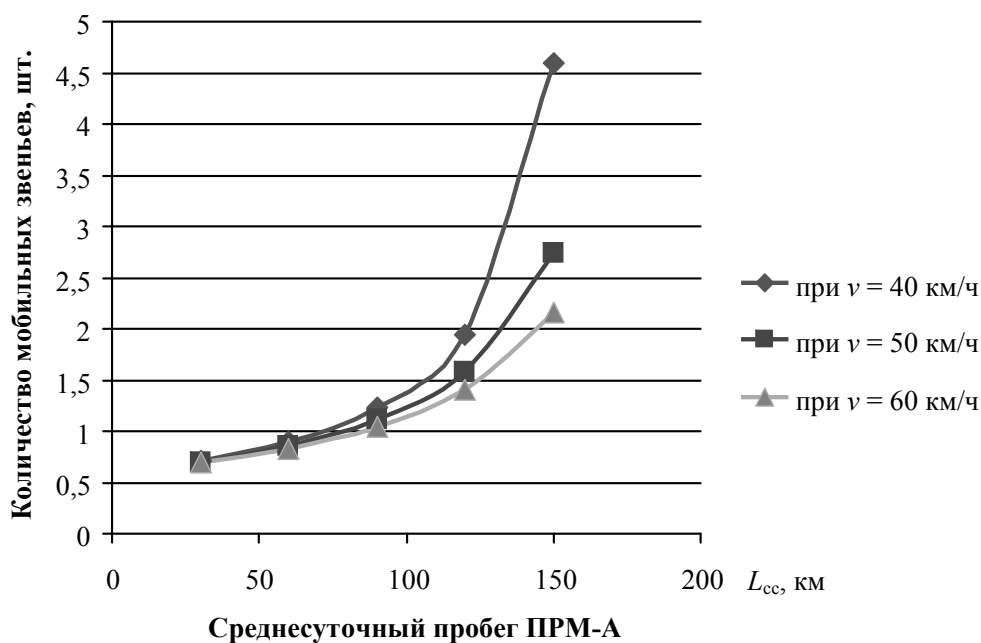


Рисунок 3 – Зависимость количества мобильных звеньев от среднесуточного пробега ПРМ-А

На основе закономерностей изменения параметров процессов использования агрегатов и восстановления их работоспособности мобильными звеньями целевую функцию обоснования их численности в цикле запишем в виде

$$C_{\Sigma} = C_{\text{пр.мта}} + C_{\text{м.з}} + C_{\text{р.м}} + C_{\text{об.ф}} \rightarrow \min, \quad (6)$$

где  $C_{\Sigma}$  – суммарные затраты за цикл использования комбинированных агрегатов, восстановления их работоспособности, руб./цикл;

$C_{\text{пр.мта}}$  – потери от простоя МТА при возникновении и устранении последствий отказов их машин, руб./цикл;

$C_{\text{м.з}}$  – затраты на функционирование мобильных звеньев для восстановления работоспособности МТА, руб./цикл;

$C_{\text{р.м}}$  – затраты на материалы при ремонте машин, руб./цикл;

$C_{\text{об.ф}}$  – суммарные затраты на приобретение оборотного фонда СЧМ, потери при отсутствии СЧМ в оборотном фонде, руб./цикл;

$$C_{\text{пр.мта}} = C'_{\text{пр.мта}} \cdot t_{\text{пр.мта}}, \quad (7)$$

где  $C'_{\text{пр.мта}}$  – цена простоя агрегата, руб./ч;

$t_{\text{пр.мта}}$  – суммарная продолжительность простоя агрегатов при выполнении заданного объема полевых работ в цикле, ч.

При теоретическом исследовании цена простоя МТА определялась дифференцированно с учетом: отчислений на реновацию; потерь урожая; аренды агрегатов.

Продолжительность простоя МТА при устранении последствий их отказов зависит от времени непосредственного устранения последствий отказов  $t_{\text{y.o}}$ , чел.-ч/цикл, и продолжительности ожидания прибытия мобильного звена к агрегату, наличия СЧМ в оборотном фонде ПРМ-А. Установлено, что продолжительность простоев МТА при недостаточном количестве мобильных звеньев и СЧМ в оборотном фонде ПРМ-А будет зависеть от показателей времени использования на переезды ( $\tau_{\text{xx}}$ ), ожидания доставки отсутствующих в оборотном фонде СЧМ ( $\tau_{\text{ож}}$ ).

Теоретически установлено, что суммарные затраты и потери (6) в значительной степени зависят не только от потерь при простоях МТА, но и от затрат и потерь, обусловленных фактическим наличием СЧМ в оборотном фонде ПРМ-А.

$$C_{\text{об.ф}} = C_{\text{общ}} + C_{\text{пр.м.з}}(\tau_{\text{ож}}), \quad (8)$$

где  $C_{\text{общ}}$  – затраты оборотных средств на приобретение СЧМ ПРМ-А, руб./цикл;

$C_{\text{пр.м.з}}$  – потери от простоя мобильного звена в ожидании доставки недостающих СЧМ с центрального склада агрохолдинга или дилерами, руб./цикл.

При исследовании закономерностей изменения параметров процесса использования и восстановления работоспособности посевных агрегатов было принято два варианта расчета количества мобильных звеньев (МЗ): при среднесуточном пробеге 200 км ПРМ-А ( $\tau_{\text{xx}} = 0,2$ ), обеспеченности их СЧМ в оборотном фонде ( $\lambda = 0,8$ ) и варьировании их среднесуточным пробегом ( $L_{\text{cc}}$ ); при постоянном среднесуточном пробеге ПРМ-А ( $\tau_{\text{xx}} = 0,2$ ) и варьировании численностью СЧМ в оборотном фонде ( $\lambda = 0,6$ ) (рисунок 4 а, б). Результаты расчетов показывают, что уменьшение в оборотном фонде СЧМ ( $\lambda = 0,6$ ) значительно увеличивает потери от простоев МТА, затраты на доставку СЧМ, потери от простоев мобильного звена. Это предопределяет потребность в большем количестве мобильных звеньев.

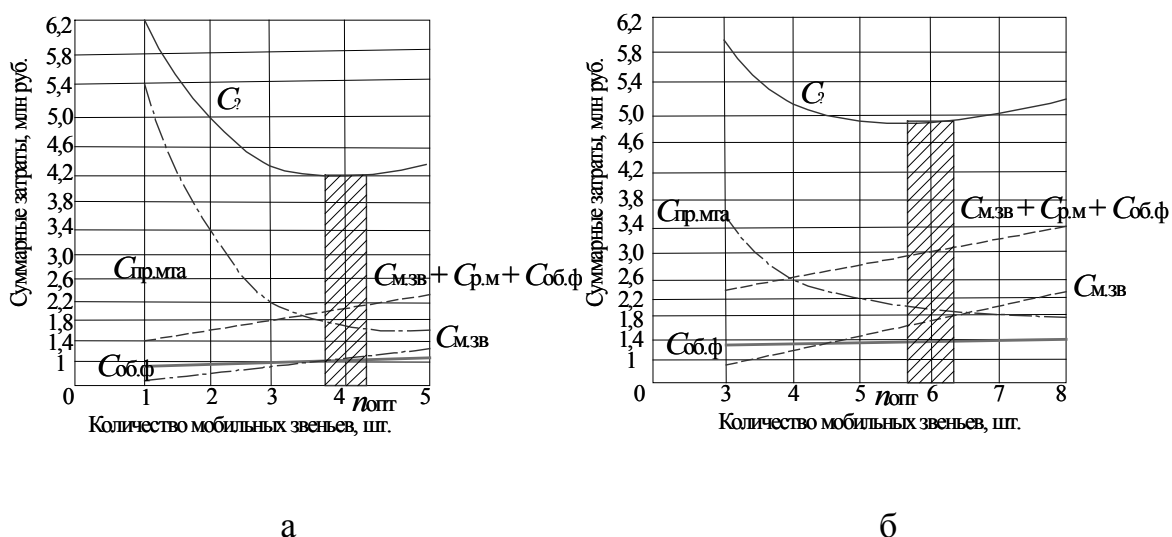


Рисунок 4 – Взаимосвязь суммарных затрат с количеством мобильных звеньев: а –  $\tau_{\text{и}} = 0,5$ ;  $\tau_{\text{со}} = 0,1$ ;  $\tau_{\text{xx}} = 0,2$ ;  $\tau_{\text{ож}} = 0,2$ ;  
б –  $\tau_{\text{и}} = 0,3$ ;  $\tau_{\text{со}} = 0,1$ ;  $\tau_{\text{xx}} = 0,2$ ;  $\tau_{\text{ож}} = 0,4$

Таким образом, экономико-математическая модель достаточно адекватно описывает взаимосвязь реальных процессов использования комбинированных агрегатов, восстановления их работоспособности мобильными звеньями в полевых условиях. Ее применение для проектирования процесса обеспечения работоспособности комбинированных агрегатов при производстве продукции растениеводства,

практическая реализация результатов проектирования позволяют сократить затраты ресурсов при возделывании сельскохозяйственных культур.

В третьей главе «Методика проведения экспериментальных исследований» разработаны программа и методика исследования показателей использования, эксплуатационной надежности комбинированных посевных агрегатов, параметров процесса восстановления их работоспособности мобильными звеньями.

На основе анализа данных производственной деятельности хозяйств агрохолдинга ООО «Агро-Ситно» объектами исследования выбраны посевные комбинированные агрегаты в составе с тракторами 5–8-го классов тяги в количестве 30 штук, которые используются в шести сельхозпредприятиях агрохолдинга.

При экспериментальных исследованиях выбран план [NMT], который обеспечивает получение информации о надежности машинно-тракторных агрегатов в весенний цикл работ. При выбранном плане одновременно испытывают  $N$  агрегатов. После отказа работоспособность агрегатов восстанавливается. Каждый агрегат работает до окончания посевного цикла.

Статистические данные о расходе запасных частей в хозяйствах использовались для определения количественной и стоимостной потребностей в запасных частях. Данные о расходе СЧМ, обменных узлов за весь посевной цикл со склада каждого хозяйства, а также поставленных дилерами обрабатывались и объединялись в группы взаимозаменяемых запасных частей. Для определения приоритетности СЧМ при комплектовании оборотного фонда в ПРМ-А использовали метод Парето.

Обработка полученной статистической информации проводилась методами теории вероятностей и математической статистики. В процессе обработки определялись количество и величина интервалов статистики, величина математического ожидания и коэффициент вариации.

Показатели работы агрегатов, безотказности, трудоемкости устранения последствий отказов обрабатывались в пакете программ SPSS Statistics 18, для этого использовался тест на нормальное распределение Шапиро-Уилкса.

Определение необходимого для исследования числа наблюдений объема выборочной совокупности осуществлялось при довери-

тельной вероятности показателей безотказности  $\alpha$  в соответствии с ГОСТ 17510–85 ( $\alpha = 0,80$ ).

Обработка статистических массивов осуществлялась на ПЭВМ с использованием продукта корпорации Microsoft Office Excel 2003.

В четвертой главе «Результаты экспериментальных исследований и их анализ» представлены показатели использования комбинированных посевных агрегатов (К-700А+5СЗТС-2,1; К-701+5СЗТС-2,1; К-744Р1+5СКП-2,1; CASE315+Maxim II; CASE310+Morris Concept 2000; CASE530+Morris Concept 2000), их безотказность и параметры процесса восстановления работоспособности мобильными звеньями (таблица 1).

Таблица 1 – Основные показатели процессов использования и восстановления работоспособности комбинированных посевных агрегатов

Показатель	Среднее значение ( $T$ )	Среднее квадратическое отклонение ( $\sigma_x$ )	Нижняя доверительная граница ( $t_\alpha^H$ )	Верхняя доверительная граница ( $t_\alpha^B$ )
Объем выполненной работы агрегатом за цикл, (га/цикл)	1333	662,3	465,4	2200
Количество рабочих суток (сут./цикл)	28,0	6,9	18,9	37
Часовая производительность (га/ч)	2,6	1,7	0,3	4,8
Количество отказов МТА за цикл (шт./цикл)	33,0	11,1	23,2	51,8
Суммарная трудоемкость РОВ МТА (чел.-ч/цикл)	20,3	8,4	9,3	31,3
Средняя наработка на отказ МТА ( $t_{o.c.p.mta}$ , моточас/шт.)	13,6	4,7	7,4	19,8
Среднесуточный пробег ПРМ-А, км	215	67,5	126	303

Установлено, что при средней наработке за весенний цикл посевных агрегатов ( $A_{cp} = 1333$  га/цикл) верхнее ее значение достигнуто агрегатами CASE+Maxim II (Morris Concept 2000), что обусловлено

в основном в 2–3 раза большей безотказностью этих агрегатов по сравнению с К-701+5СЗТС-2,1; К-744Р1+5СКП-2,1.

Отмечаем, что одной из причин низкой безотказности отечественных комбинированных посевных агрегатов является эксплуатация их за пределами сроков амортизации, который равен в среднем: для отечественных агрегатов  $T_{\text{ср}} = 19$  лет, для импортных  $T_{\text{ср}} = 4$  года; соответственно, для СХМ  $T_{\text{ср}} = 8$  лет и  $T_{\text{ср}} = 4$  года. Установлено, что наработка на отказ сельскохозяйственных машин, равная в среднем  $t_{\text{осхм}} = 17$  моточасов, меньше средней наработки на отказ тракторов в 6 раз, что и определяет многочисленность простоев посевных агрегатов, величину трудоемкости устранения последствий отказов (рисунок 5).

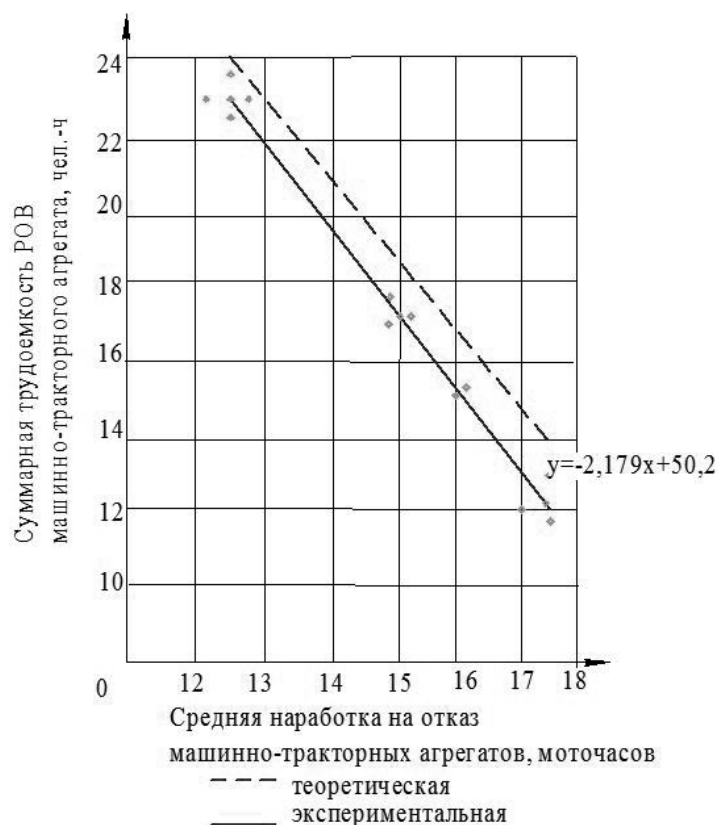


Рисунок 5 – Изменение суммарной трудоемкости устранения последствий отказов от средней наработки на отказ агрегатов

Выявлено, что при низкой безотказности сельхозмашин, которые используются в составе посевных комбинированных агрегатов для повышения эффективности процесса восстановления их работоспособности, необходимо увеличивать количество СЧМ в оборот-



ном фонде ПРМ-А. Это позволяет повысить коэффициент полезного использования времени смены мобильным звеном, фонд полезных трудозатрат (рисунок 6).

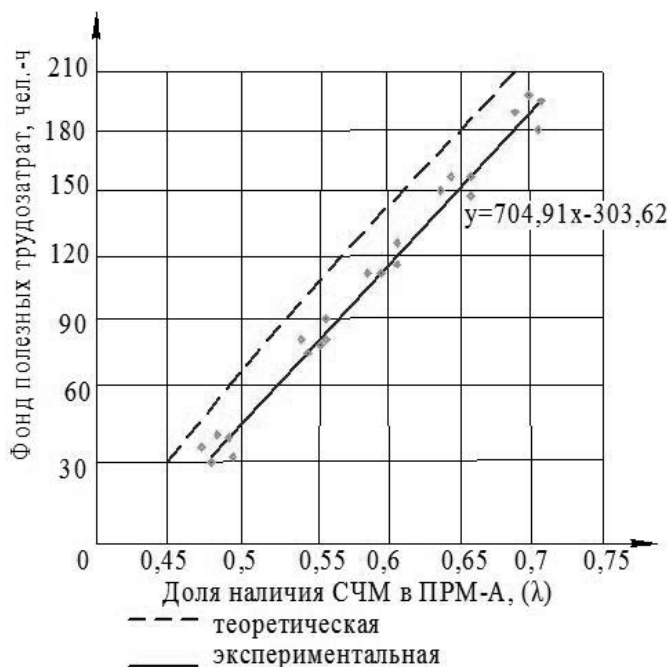


Рисунок 6 – Изменение фонда полезных трудозатрат мобильного звена от наличия СЧМ в оборотном фонде ПРМ-А: при  $\tau_{co} = 0,1$ ,  $\tau_{xx} = 0,19$

Установлено, что фонд полезных трудозатрат зависит не только от фактического наличия СЧМ в оборотном фонде ( $\lambda$ ), но и от общего количества отказов МТА за посевной цикл, продолжительности доставки дилерами отсутствующих СЧМ, что увеличивает общую продолжительность простоев агрегатов, мобильных звеньев в ожидании доставки отсутствующих СЧМ, т.е. увеличивается  $\tau_{ож}$  и сокращается фонд полезных трудозатрат.

На основе использования математической модели совместного функционирования процессов использования и восстановления работоспособности посевных комбинированных агрегатов установлено, что для устранения последствий их отказов ( $m_{max} = 1554$  шт.) при  $\lambda = 0,8$  целесообразно использовать 4 мобильных звена (рисунок 7). Реализация процесса восстановления работоспособности посевных агрегатов мобильным звеном позволяет сократить продолжительность простоев каждого агрегата из-за отказов за посевной цикл на 10 смен, повысить коэффициент технической готовности агрегатов

до 0,85...0,90. При этом экономия средств на выполнение посевных работ, в том числе с учетом сокращения потерь от простоев МТА, составит около 100 тыс. рублей на один агрегат за весенний цикл полевых работ.

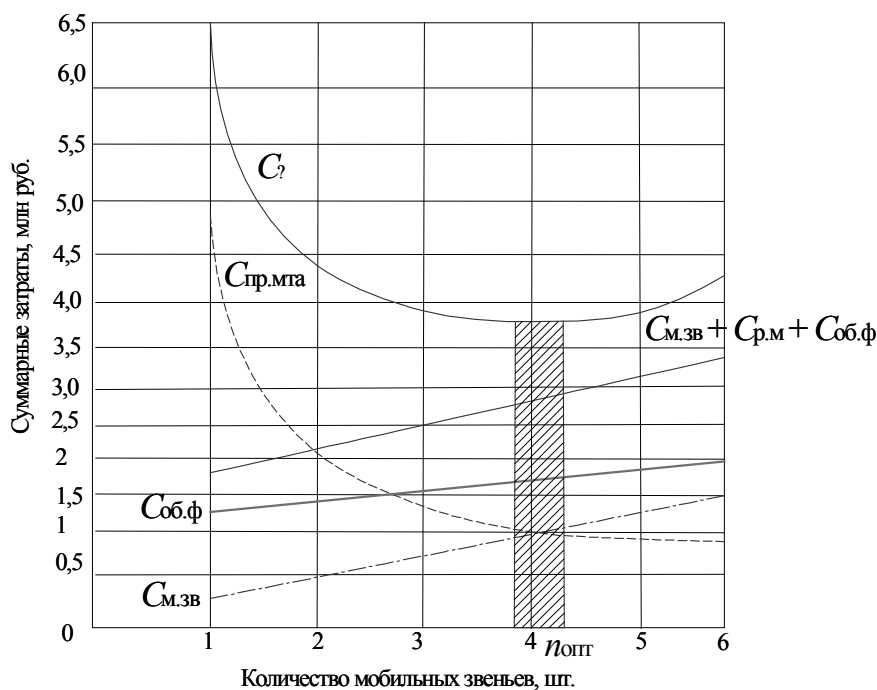


Рисунок 7 – Взаимосвязь затрат при использовании и восстановлении работоспособности посевных комбинированных агрегатов с количеством мобильных звеньев ( $\tau_{и} = 0,18$ ;  $\tau_{со} = 0,1$ ;  $\tau_{хх} = 0,19$ ;  $\tau_{ож} = 0,53$ )

Применение разработанной методики при проектировании процесса восстановления работоспособности МТА мобильными звеньями в циклы полевых работ, практическая реализация результатов проектирования позволяют значительно повысить эффективность механизированных процессов в растениеводстве.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Низкая безотказность сельхозмашин при использовании посевных комбинированных агрегатов, их рассредоточенность на полях сельхозпредприятий при отсутствии мобильных звеньев для восстановления работоспособности машин являются основными причинами низкой технической готовности посевных агрегатов.

2. Нарботка на отказ у посевных комбинированных агрегатов находится в диапазоне 10...15 часов, что обусловлено конструктивной сложностью технологических машин, многочисленностью разнородных рабочих органов, высокой интенсивностью использования агрегатов в напряженные циклы полевых работ. Своевременность устранения последствий отказов машин, сокращение продолжительности простоев агрегатов возможны при реализации процесса восстановления их работоспособности мобильными звеньями, технической основой которых являются ПРМ-А с требуемым наличием оборотного фонда составных частей машин.

3. Установлено, что трудоемкость устранения последствий отказов посевных комбинированных агрегатов в основном зависит от количества отказов сельхозмашин. Продолжительность простоев агрегатов при восстановлении их работоспособности, количество мобильных звеньев определяются величиной полезного фонда трудозатрат, который зависит, в основном, от наличия оборотного фонда СЧМ в ПРМ-А, их среднесуточного пробега.

4. Разработанная математическая модель совместного функционирования процессов использования и восстановления работоспособности посевных комбинированных агрегатов мобильными звеньями позволяет для конкретных условий реализации механизированных процессов в растениеводстве, характеристик и режимов использования агрегатов определять основные параметры процесса восстановления их работоспособности, а именно: количество мобильных звеньев, среднесуточный пробег ПРМ-А, номенклатуру и количество СЧМ в их оборотном фонде.

5. Экспериментально установлено, что у современных отечественных и импортных посевных комбинированных агрегатов до 70–80% отказов приходится на рабочие органы и механизмы сельхозмашин. За посевной цикл (25–30 суток) количество отказов находится в диапазоне 30...50 шт. на агрегат, средняя трудоемкость устранения последствий отказов равна 0,57...0,83 чел.-ч.

6. Продолжительность простоев посевных комбинированных агрегатов непосредственно при устранении последствий отказов машин в 5...7 раз меньше продолжительности ожидания доставки недостающих СЧМ в оборотном фонде ПРМ-А, рациональная величина которого должна составлять 80...85% от общего количества

используемых за посевной цикл деталей, обменных узлов для восстановления работоспособности агрегатов.

7. При использовании 30 посевных комбинированных агрегатов в СХП ООО «Агро-Ситно» (посевная площадь 58 тыс. га) для восстановления их работоспособности необходимо иметь четыре мобильных звена. Это позволит повысить коэффициент технической готовности агрегатов до 0,85...0,90, сократить продолжительность их простоев на 30...40%.

## **ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ**

### **Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ**

1. Плаксин, А. М. Закономерности изменения полезных затрат мобильного звена по восстановлению работоспособности полевых агрегатов [Текст] / А. М. Плаксин, В. В. Качурин // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2013. – № 11. – С. 228–237.

2. Плаксин, А. М. Обоснование количества мобильных звеньев для восстановления работоспособности посевных комплексов [Текст] / А. М. Плаксин, В. В. Качурин // Вестник Алтайского аграрного университета. – 2013. – № 11(109). – С. 100–107.

### **Публикации в других изданиях**

3. Качурин, В. В. Взаимосвязь процессов использования и восстановления работоспособности машинно-тракторных агрегатов в растениеводстве [Текст] / В. В. Качурин, А. М. Плаксин // Вестник ЧГАА. – 2013. – Т. 63. – С. 74–78.

4. Качурин, В. В. Восстановление работоспособности машинно-тракторных агрегатов мобильными звеньями [Текст] / В. В. Качурин, А. М. Плаксин // Вестник ЧГАА. – 2011. – Т. 58. – С. 134–137.

5. Качурин, В. В. К обоснованию процесса устранения последствий отказов тракторов в полевой период [Текст] / В. В. Качурин // Материалы XLIX междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству». – Челябинск, 2010. – Ч. 1. – С. 389–393.

6. Качурин В. В. Методика обоснования параметров процесса восстановления работоспособности механизированных комплексов в растениеводстве [Текст] / В. В. Качурин, А. М. Плаксин // Вестник ЧГАА. – 2013. – Т. 65. – С. 29–41.

7. Качурин, В. В. Методика расчета номенклатуры запчастей для передвижных ремонтных мастерских [Текст] / В. В. Качурин // Вестник ЧГАА. – 2013. – Т. 64. – С. 20–25.

8. Качурин, В. В. Обоснование номенклатуры агрегатов и узлов обменного фонда в мобильных ремонтных мастерских [Текст] / В. В. Качурин // Вестник ЧГАА. – 2011. – Т. 58. – С. 131–134.

9. Качурин, В. В. Обоснование параметров процесса восстановления работоспособности машинно-тракторных агрегатов мобильными звеньями [Текст] / В. В. Качурин // Материалы LI междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству». – Челябинск, 2013. – Ч. 3. – С. 77–84.

10. Качурин, В. В. Результаты обоснования оборотного фонда запасных частей для восстановления работоспособности полевых агрегатов по методу Парето [Текст] / В. В. Качурин // Вестник ЧГАА. – 2013. – Т. 65. – С. 24–29.

11. Качурин, В. В. Структура и закономерности изменения основных параметров процесса восстановления работоспособности машинно-тракторных агрегатов мобильными звеньями [Текст] / В. В. Качурин, А. М. Плаксин // Материалы LI междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству». – Челябинск, 2012. Ч. 3. – С. 46–54.

#### **Авторские свидетельства, патенты**

12. Пат. на полезную модель № 2011143279/11(064918), МПК А01D45/26. Мобильная мастерская [Текст] / В. В. Качурин ; патенто-обладатель Челябинская ГАА. – № 2010/1808.1 ; заявл. 30.12.2011 ; опубл.15.12.11, Бюл. № 12. – 4 с. : ил.

---

Подписано в печать 18.04.2014. Формат 60×84/16  
Гарнитура Times. Печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 86

---

Отпечатано в ИПЦ ФГБОУ ВПО ЧГАА  
454080, г. Челябинск, ул. Энгельса, 83