

УДК 631.331

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки, сельскохозяйственные науки)

### **ОБЕСПЕЧЕНИЕ РИТМИЧНОЙ РАБОТЫ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО РЕМОНТНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Шапиро Евгений Александрович  
К.т.н., доцент  
РИНЦ SPIN – код: 5975-4917

Труфляк Евгений Владимирович  
Д.т.н., профессор  
Scopus Author ID: 57188716454  
РИНЦ SPIN – код: 2502-0340  
*ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ», Краснодар, Россия*

В настоящее время основными принципами организации производственного процесса ремонта машин являются: пропорциональность, параллельность, прямооточность, ритмичность и непрерывность. Однако, одним из основных условий ритмичной работы ремонтно-технического предприятия является наличие производственных запасов ремонтного фонда узлов, агрегатов и полнокомплектных машин. Для устранения этих проблем, необходимые транспортные запасы объектов ремонта определяются по выражениям, приведенным в настоящей работе. В ходе исследования был рассмотрен конкретный пример, связанный с определением производственных запасов ремонтного фонда

Ключевые слова: РЕМОНТ, ПРЕДПРИЯТИЕ, СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ, ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, СТРАХОВОЙ ЗАПАС, ИНТЕНСИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-192-021>

**Введение.** Прежде всего, следует отметить, что недостатки в организации ремонтно-обслуживающего производства и труда ремонтных рабочих, а также оперативного управления приводят к перебоям в материально-техническом снабжении, что в свою очередь приводит к низкому уровню трудовой и технологической дисциплины.

Теперь необходимо рассмотреть организацию производственного процесса на специализированном ремонтном предприятии (СРП).

<http://ej.kubagro.ru/2023/08/pdf/21.pdf>

UDC 631.331

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences, agricultural sciences)

### **ENSURING THE RHYTHMIC WORK OF A SPECIALIZED REPAIR AND TECHNICAL COMPANY**

Shapiro Evgeny Aleksandrovich  
Cand.Tech.Sci., docent  
RSCI SPIN-code: 5975-4917

Truflyak Evgeny Vladimirovich  
Dr.Sci.Tech, professor  
Scopus Author ID: 57188716454  
RSCI SPIN code: 2502-0340  
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

Currently, the main principles of the organization of the production process of machine repair are: proportionality, parallelism, straightness, rhythmicity and continuity. However, one of the main conditions for the rhythmic work of a repair and technical enterprise is the availability of production stocks of the repair fund of units, aggregates and complete machines. To eliminate these problems, the necessary transport stocks of repair facilities are determined by the expressions given in the current work. In the course of the study, a specific example was considered related to the determination of production stocks of the repair fund

Keywords: REPAIR, ENTERPRISE, SPECIALIZATION, THROUGHPUT, TECHNOLOGICAL EQUIPMENT, INSURANCE STOCK, INTENSITY OF USE

Здесь, прежде всего, нужно знать основные принципы и параметры организации производственного процесса.

Основными принципами организации производственного процесса являются: пропорциональность, параллельность, прямоточность, ритмичность и непрерывность.

Прямоточность процесса означает обеспечение кратчайших путей перемещения ремонтируемого объекта по всем стадиям и операциям общего технологического и вспомогательных процессов ремонта.

Это достигается рациональным размещением производственных и вспомогательных участков и рабочих мест.

**Цель исследований.** Повышение надежности и эффективности производственной и технической эксплуатации с.-х техники путем разработки и применения теоретических аспектов, связанных с обеспечением ритмичной работы специализированного ремонтного предприятия.

**Объект исследований.** Организация производственного процесса ремонта с.-х техники на СРП.

**Предмет исследований.** Основные принципы и параметры организации производственного процесса ремонта с.-х техники на специализированном ремонтном предприятии.

В качестве **гипотезы исследования** принято предположение о том, что в условиях нормальной платежеспособности владельцев машин интенсивность поступления ремонтного фонда на специализированное ремонтное предприятие постепенно уменьшается при возрастании напряженности с.-х работ и описывается уравнением параболы.

**Задачи исследований:**

– рассмотреть основные принципы и параметры организации производственного процесса на специализированном ремонтном предприятии;

– рассмотреть теоретические аспекты, связанные с обеспечением слаженной работы СРП;

– выполнить экспериментальную проверку выдвинутой гипотезы.

**Материалы и методы исследований.** В настоящей работе методы исследования представлены комплексным подходом на основе системного анализа организации производственного процесса на специализированном ремонтном предприятии с целью обеспечения его ритмичной работы.

При этом решение поставленных задач проведено на основе математического описания закономерностей изменения параметров технологического процесса на специализированном ремонтном предприятии при рассмотрении различных стратегий расчета страховых запасов ремонтного фонда (в условиях нормальной платежеспособности его поставщиков).

**Полученные результаты исследований.** Прежде всего, следует отметить, что производственные запасы узлов, агрегатов и полнокомплектных машин складываются из следующих элементов:

$$Z = Z_{\text{тех}} + Z_{\text{тр}} + Z_{\text{с}}, \quad (1)$$

где  $Z_{\text{тех}}$  – технологические запасы узлов, агрегатов

и полнокомплектных машин, шт;

$Z_{\text{тр}}$  – транспортные запасы узлов, агрегатов

и полнокомплектных машин, шт;

$Z_{\text{с}}$  – страховые запасы узлов, агрегатов и полнокомплектных

машин, шт.

Технологические запасы узлов, агрегатов и полнокомплектных машин численно равняются фактическому фронту ремонтируемых объектов на РТП [3, 2]:

$$Z_{\text{тех}} = N_{\phi} = \frac{T_n}{\tau} = \frac{T_n W}{\Phi}, \quad (2)$$

где  $T_n$  – длительность пребывания объекта ремонта в состоянии

капитального ремонта, ч;

$\tau$  – расчетный такт капитального ремонта, ч;

$\Phi$  – фактический годовой фонд времени РТП, ч;

$W$  – фактическая годовая программа РТП.

В свою очередь, фактические транспортные запасы ремонтируемых объектов определяются по следующему выражению [2, 3]:

$$Z_{mp} = \frac{T_{mp}}{\tau}, \quad (3)$$

где  $T_{тр}$  – продолжительность поступления объекта ремонта на РТП, ч.

Время доставки объекта, находящегося на расстоянии среднего радиуса для данного ремонтно-технического предприятия определяется по следующей формуле [3, 4, 5]:

$$T_{тр} = \frac{2R_{cp}}{v_{тр}} = \frac{2 \frac{2}{3} \sqrt{\frac{W}{\pi N_k}}}{v_{тр} \eta_t}, \quad (4)$$

где  $R_{cp}$  – средний радиус доставки ремонтного фонда, км;

$N_k$  – плотность ремонтируемых объектов, 1/км<sup>2</sup>;

$v_{тр}$  – средняя скорость транспортировки, км/ч;

$\eta_t$  – коэффициент, учитывающий потери времени

на погрузку, разгрузку объектов ремонта и оформление сопроводительных документов.

Тогда транспортные запасы объектов ремонта, с учетом доставки их партиями величиной  $Z$ , составят следующую величину:

$$Z_{mp} = \frac{2 \frac{2}{3} \sqrt{\frac{W}{\pi N_k}} Z}{v_{mp} \tau} = \frac{2 \frac{2}{3} \sqrt{\frac{W}{\pi N_k}} Z W}{v_{mp} \Phi}, \quad (5)$$

где  $Z_{cp}$  – фактические транспортные запасы объектов ремонта,

с учетом партии поставки, размером  $Z$ .

Большинство исследований процессов поступления ремонтного фонда на специализированные ремонтные предприятия свидетельствуют о чрезвычайном разнообразии фактической интенсивности этих процессов по календарному времени года.

Это зависит от очень большого числа факторов:

- занятости машин на с.-х работах;
- технологической оснащенности собственной ремонтно-обслуживающей базы;
- обеспеченности кадрами ремонтников;
- качества продукции специализированного ремонтного предприятия (СРП);
- платежеспособности поставщиков ремонтного фонда, и многих других факторов.

Бесспорно одно – ремонтный фонд на СРП поступает неравномерно в течение года и этим обусловлена необходимость изыскания путей обеспечения равномерной загрузки.

Значимость фактора платежеспособности на рассматриваемые процессы существенно возросла в последнем десятилетии в связи с экономическими реформами.

Нормальная ситуация, когда, образно выражаясь, крестьянин готовит телегу зимой, выполняя не только назревшие ремонтные работы, но также и предупредительные, как плату за уверенность в надежной работе машины в напряженном периоде, сменилась, из-за недостатка средств, работой машины до предельного состояния, на износ.

В результате, оказавшись перед фактом потери всей продукции из-за отказов машин, сельскохозяйственный товаропроизводитель предпринимает срочные меры для их ремонта.

Так, в последние годы в период уборки зерновых культур резко возрастает интенсивность потока заявок на ремонт комбайновых двигателей.

Ясно, что это является результатом игнорирования известной крестьянской заповеди.

В условиях нормальной платежеспособности владельцев машин интенсивность поступления ремонтного фонда на СРП снижается по мере возрастания напряженности с.-х работ и описывается уравнением параболы (рисунок 1).

$$y = at^2 - bt + c, \tag{6}$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – коэффициенты, получаемые в результате математической обработки фактической интенсивности поступления одноименного ремфонда.

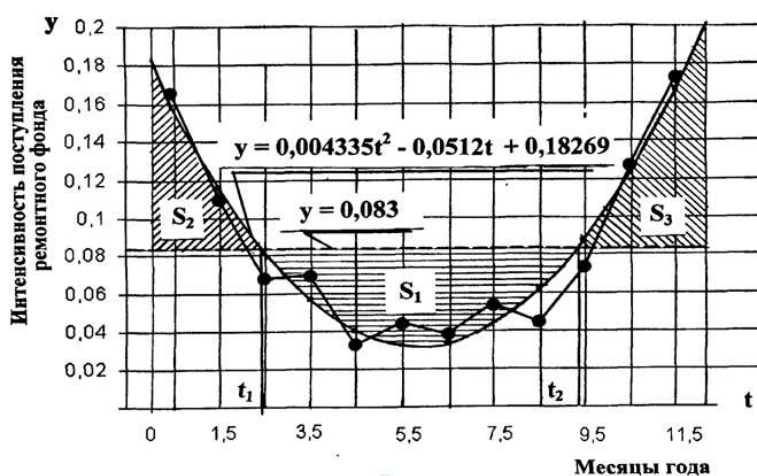


Рисунок 1 – Фактическая интенсивность прибытия ремфонда на СРП в течение года

Примем годовую программу (W) ремонтно-технического предприятия за единицу, тогда при условии равномерного поступления ремонтного фонда, среднемесячная интенсивность будет равна:

$$y = \frac{W}{12} = \frac{1}{12} = 0,083.$$

В свою очередь фактическую интенсивность поступления одноименного ремонтного фонда можно определить по приведенному выше выражению (6).

Очевидно, что площадь графика под прямой  $y = 0,083$  на отрезке  $(0,12)$  в определенном масштабе, будет равна годовой программе ( $W$ ) ремонтно-технического предприятия при равномерном поступлении ремонтного фонда.

Очевидно также, что площадь графика под параболой на этом же отрезке также определяет годовую программу предприятия, но уже при фактическом поступлении ремонтного фонда и при условии, что предприятие в состоянии справиться с перегрузками на отрезках  $(0,t_1)$  и  $(t_2,12)$ .

Таким образом, также очевидно, что площадь  $S_1$  равна сумме площадей  $S_2$  и  $S_3$ , т.е.  $S_1 = S_2 + S_3$ .

Площадь  $S_1$  можно вычислить по следующей формуле [2, 3, 5]:

$$S_1 = 0,083(t_2 - t_1) - \int_{t_1}^{t_2} (at^2 - bt + c) dt. \quad (7)$$

Тогда страховой запас объектов ремонта можно определить так [3, 5]:

$$m_c = S_1 W = W \left[ 0,083(t_2 - t_1) - \int_{t_1}^{t_2} (at^2 - bt + c) dt \right]. \quad (8)$$

Производственные запасы объектов ремонта в целом составят следующую величину [3, 5]:

$$m = W \left\{ \frac{T_n}{\Phi} + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{W}{\pi N_k}} Z + \frac{v_{mp} \Phi \eta_t}{v_{mp} \Phi \eta_t} + \left[ 0,083(t_2 - t_1) - \int_{t_1}^{t_2} (at^2 - bt + c) dt \right] \right\}, \quad (9)$$

где  $m$  – производственные запасы объектов ремонта в целом.

Пределы интегрирования находим путем решения следующей системы алгебраических уравнений [4, 5]:

$$\begin{cases} y = 0,083 \\ y = at^2 - bt + c \end{cases}. \quad (10)$$

Пределы интегрирования найдем для приведенного эмпирического уравнения [5]:

$$\begin{cases} y = 0,083 \\ y = 0,004335t^2 - 0,0512t + 0,18269 \end{cases}. \quad (11)$$

В результате решения этой системы получим следующие значения предела интегрирования:  $t_1 = 2,461$ ,  $t_2 = 9,345$ .

Рассмотрим теперь конкретный пример, связанный с определением производственных запасов ремонтного фонда.

*Пример 1.* Вычислить необходимые производственные запасы автотракторных двигателей марки ЯМЗ-240 при следующих исходных данных:

– годовая программа ремонтно-технического предприятия составляет следующую величину –  $W = 800$  шт.;

– продолжительность нахождения объекта в ремонте составляет не более –  $T_{\pi} = 50$  ч;

– годовой фонд рабочего времени ремонтно-технического предприятия равняется –  $\Phi = 2000$  ч;

– плотность ремонтируемых объектов –  $N_k = 0,0143$  1/км<sup>2</sup>.

Данная величина была определена по выражению [4]:

$$N_k = \frac{M_{кр}}{S}, \quad (12)$$

где  $M_{кр}$  – число двигателей ЯМЗ-240 в Краснодарском крае, требующих капитального ремонта;

$S$  – площадь Краснодарского края,  $S = 83700$  км<sup>2</sup>;



$Z$  – число объектов в партии поставки ремонтного фонда,

$$Z = 2;$$

$v_{\text{тр}}$  – средняя скорость транспортировки объектов ремонта,

$$v_{\text{тр}} = 60 \text{ км/ч};$$

$\eta_t$  – коэффициент, учитывающий потери времени на погрузку, разгрузку объектов ремонта и оформление сопроводительных документов,  $\eta_t = 0,5$ .

В итоге плотность ремонтируемых объектов составит следующую величину:

$$N_k = \frac{M_{\text{кр}}}{S} = \frac{1200}{83700} = 0,0143 \text{ 1/км}^2.$$

А производственные запасы объектов ремонта в целом будут равны:

$$m = 800 \left\{ \frac{50}{2000} + \frac{2 \cdot \frac{2}{3} \sqrt{\frac{800}{3,14 \cdot 0,0143}}}{60 \cdot 2000 \cdot 0,5} + \left[ 0,083(9,345 - 2,461) - \int_{2,461}^{9,345} (0,004335t^2 - 0,0512t + 0,18269) dt \right] \right\} = 800\{0,025 + 0,00596 + 0,2414\} = 20 + 4,77 + 193,12 = 217,88.$$

Таким образом, необходимо отметить, что  $m_{\text{тех}} = 20$  объектов ремонтного фонда (2,5% от годовой программы,  $m_{\text{тр}} \approx 5$  объектов ремфонда ( $\approx 0,6\%$ ),  $m_c = 193$  объекта ремфонда (24,14%).

Как видно, если ремонтно-техническое предприятие ремонтирует объекты одной марки, то практически очень трудно обеспечить его равномерную работу из-за необходимости иметь очень большой страховой запас.

Поэтому комплектование программы ремонтно-технического предприятия является одной из важнейших задач его маркетинговой службы.

**Апробация полученных результатов** осуществлена в рассмотренном в настоящей работе примере расчета производственных запасов автотракторных двигателей марки ЯМЗ-240.

**Заключение.** В качестве заключения в настоящей работе следует отметить, что площадь рассмотренного нами графика под прямой на на приведенном здесь отрезке в определенном масштабе, будет равна годовой программе ремонтно-технического предприятия при равномерном поступлении ремонтного фонда.

Здесь следует также отметить, что рабочая гипотеза исследования о том, что в условиях нормальной платежеспособности владельцев машин интенсивность поступления ремонтного фонда на специализированное ремонтное предприятие снижается по мере возрастания напряженности с.-х работ и описывается уравнением параболы, доказана полностью.

#### **Библиографический список**

1. Клещ С.А. Технологическое проектирование АТП и СТО. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Часть 1. Справочно-нормативные материалы для технологического расчёта АТП и СТО. – Вологда: ВПИ, 2016. – 36 с.
2. Технический сервис машин и основы проектирования предприятий: учебник для вузов / М.И. Юдин, М.Н. Кузнецов, А.Т. Кузовлев и др [и др]. – Краснодар: Совет. Кубань, 2007. – 968 с.
3. Шапиро Е.А. Организация ремонтно-обслуживающего производства. Курс лекций / Е.А. Шапиро. Краснодар: КубГАУ. 2018. – 129 с.
4. Шапиро Е.А. Основы проектирования ремонтных предприятий: учеб. пособие / Е.А. Шапиро. – Краснодар: КубГАУ. 2022. – 86 с.
5. Юдин М.И. Организация ремонтно-обслуживающего производства в сельском хозяйстве: учебник / М.И. Юдин, Н.И. Стукопин, О.Г. Ширай. – Краснодар. 2002. – 944с.

### References

1. Kleshh S.A. Tehnologicheskoe proektirovanie ATP i STO. Metodicheskie ukazaniya k kursovomu i diplomnomu proektirovaniju. Chast' 1. Spravochno-normativnye materialy dlja tehnologicheskogo raschjota ATP i STO. – Vologda: VPI, 2016. – 36 s.
2. Tehniceskij servis mashin i osnovy proektirovanija predpriyatij: uchebnik dlja vuzov / M.I. Judin, M.N. Kuznecov, A.T. Kuzovlev i dr .– Krasnodar: Sovet. Ku-ban', 2007. – 968 s.
3. Shapiro E.A. Organizacija remontno-obsluzhivajushhego proizvodstva. Kurs lekcij / E.A. Shapiro. Krasnodar: KubGAU. 2018. – 129 s.
4. Shapiro E.A. Osnovy proektirovanija remontnyh predpriyatij: ucheb. posobie / E.A. Shapiro. – Krasnodar: KubGAU. 2022. – 86 s.
5. Judin M.I. Organizacija remontno-obsluzhivajushhego proizvodstva v sel'skom hozjajstve: uchebnik / M.I. Judin, N.I. Stukopin, O.G. Shiraj. – Krasnodar. 2002. – 944s.