

6
А-61

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
КАЗАХСКОЙ ССР

КАРАГАНДИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

А. Байтулин

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ И
ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ
НА ПРИМЕРЕ КОМБАЙНА "КАРАГАНДА-7/15"

Специальность 05.172 - "Торные машины"

А в т о р е ф е р а т

диссертации, представленной на соискание
ученой степени кандидата технических наук.

Работа написана на русском языке.

Караганда
1971 г.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
КАЗАХСКОЙ ССР

КАРАГАНДИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

72-4

107212

На правах рукописи

А. Байтулин

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ И
ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ
НА ПРИМЕРЕ КОМБАЙНА "КАРАГАНДА-7/15"

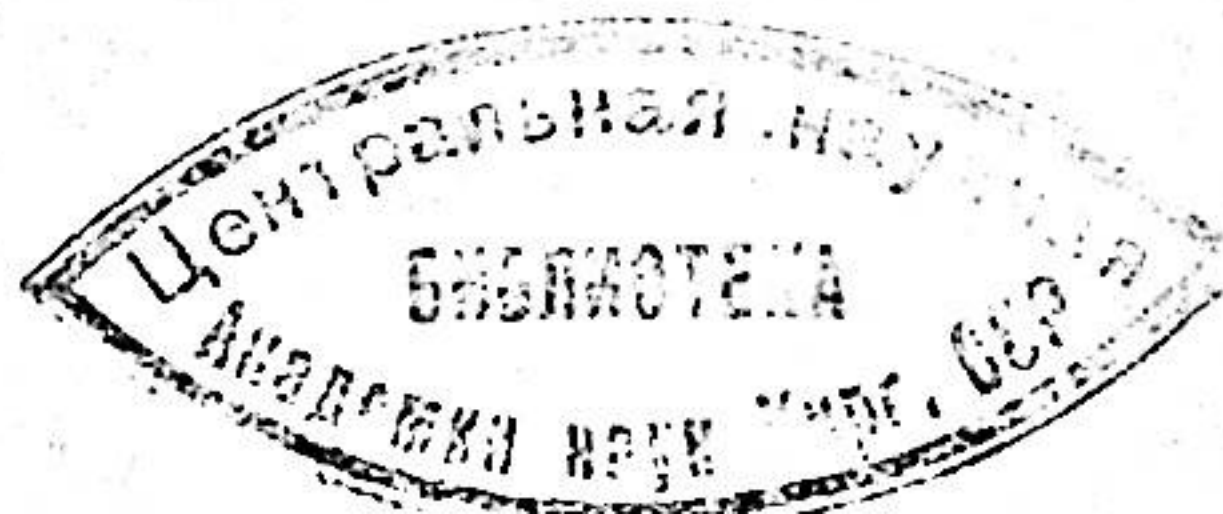
Специальность 05.172 - "Горные машины"

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации, представленной на соискание
ученой степени кандидата технических наук.

Работа написана на русском языке.

Караганда
1971 г.



Работа выполнена в Карагандинском политехническом институте. Экспериментальная часть работы производилась в институте Гипроуглегормаш, на шахтах и рудоремонтных заводах комбината "Карагандауголь", а также на Копейском машиностроительном заводе.

Научный руководитель - кандидат технических наук
КУЩАНОВ Г.К.

Официальные оппоненты:

профессор, доктор технических наук Г.И.СОЛОД
доцент, кандидат технических наук С.Н.ИГНАТОВ

Ведущее предприятие - комбинат "Карагандауголь"

Автореферат разослан " " _____ 1971г.

Защита диссертации состоится " " _____ 1971г.

на заседании Совета по присуждению ученых степеней
Карагандинского политехнического института.

Отзыв в двух экземплярах просим направлять по адресу:
г.Караганда, Бульвар Мира, 56, КПТИ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь Совета

доцент, канд. техн. наук

71-218822

ГОС. ПУБЛИЧНАЯ
БИБЛИОТЕКА

Н.Ф.Гращенков

В Директивах XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971-1975 гг. предусматривается повышение технического уровня, экономичности, надежности и долговечности машин, приборов и оборудования.

Надежность и долговечность имеет большое значение и для горношахтного оборудования, в том числе для машин проходческого комплекса, в котором комбайн является центральным звеном.

Проблема повышения надежности проходческих комбайнов, возникшая с ростом нагрузки на забой и развитием техники, охватывает широкий круг вопросов. Основным из них является - комплексное исследование надежности и долговечности конкретной машины в процессе ее проектирования, изготовления и эксплуатации.

Основными причинами низкой надежности и малой долговечности проходческих комбайнов являются:

1. Несовершенство конструкции машин.
2. Недостатки в технологии изготовления отдельных узлов и деталей.
3. Несоблюдение правил технической эксплуатации и ремонтно-профилактических работ.
4. Несоответствие физической долговечности отдельных узлов и деталей расчетным срокам службы, а также неточное определение экономически оптимальных сроков службы машин до их списания.
5. Неблагоприятный динамический режим работы.

Диссертационная работа посвящена комплексному исследованию перечисленных вопросов на примере проходческих комбай-

нов "Караганда-7/15", работающих на шахтах Карагандинского бассейна с 1964 года.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, основных выводов, рекомендации и 2-е приложения, содержит 160 страниц машинописного текста, 30 рисунков, 18 таблиц и список использованной литературы.

В первой главе приведен обзор и анализ надежности и долговечности машин, в том числе проходческих комбайнов по данным технической литературы. Установлено, что для комплексного исследования параметров надежности и долговечности проходческих комбайнов более рациональным является метод, при котором качество машины в целом исследуется по данным статистической информации по отказам опытной партии комбайнов. Дальнейшее совершенствование узлов комбайна выполнено на основании ускоренных испытаний.

Отличительной особенностью проведения горных выработок является узкий фронт работы и стесненность рабочего места, поэтому одним из путей обеспечения высоких темпов проходки является максимальное сокращение времени поиска, обнаружения и устранения неисправностей. Обеспечение наименьших затрат времени на восстановление отказавших деталей и узлов комбайна может быть достигнуто за счет значительного сокращения трудоемкости их монтажа и демонтажа. В связи с этим на первый план выступает анализ затрат по трудоемкости ликвидации отказов, а также ремонтов деталей и узлов в условиях эксплуатации.

Как показали исследования, затраты времени на замену отказавших деталей главным образом зависят от компоновки узлов в машине и деталей в узлах, а также способов их крепления.

При этом время, затрачиваемое на поиск и обнаружение отказов деталей находится в прямой зависимости от времени их монтажа и демонтажа в машине. Абсолютные затраты времени на устранение отказов для различных деталей и узлов комбайна варьируют в широких пределах. Это указывает на то, что компоновка узлов деталей и способы их крепления выбраны конструкторами произвольно, интуитивно.

Примером может служить конструкция магнитной станции комбайна "Караганда-7/15" и штрекового магнитного пускателя. Оба имеют одинаковое назначение и электрические характеристики. В то же время, крышка первого крепится 18 болтами, второго - имеет безболтовое крепление. В результате время на устранение отказа (например, подгорание контактов) последнего в несколько раз меньше, чем у первого. Второй пример: звенья цепи грузчика опытной партии того же комбайна были соединены болтами, гайки которых застопорены шплинтами. Замена их свободноплавающими пальцами, т.е. быстро съемным креплением и стопорение омегаобразным кольцом значительно сократили время устранения отказа.

Следовательно, для обеспечения надежности отдельных узлов и деталей машин необходимыми условиями являются не только их безотказность, стойкость к расчетным нагрузкам и износу, но и ремонтпригодность. Общая ремонтпригодность машины повысится при правильном сочетании компоновки узлов и способов их крепления между собой с удобством обслуживания. Все эти вопросы не нашли достаточного отражения в технической литературе.

Критериями, комплексно учитывающими влияние перечисленных факторов на надежность работы комбайнов являются коэффициент готовности и вероятность безотказной работы.

Однако, как показывает опыт эксплуатации комбайнов, повышение их надежности сдерживается в основном из-за нескольких слабых деталей, занимающих весьма малый удельный вес в общей массе деталей комбайна.

Коэффициент готовности, характеризующий уровень надежности комбайна в целом, не позволяет выявить менее надежные его элементы среди остальных элементов комбайна. В связи с этим появилась необходимость установления уровня надежности каждого узла. Для чего сбор информации об отказах комбайна выполнен с разделением их по узлам, причем отказы узлов классифицировались на внезапные и постепенные (износные). Затраты времени на ремонт узла разделены на обнаружение и устранение отказа. Для выявления основных причин появления отказов последние были классифицированы по группам. К первой группе отнесены отказы, возникающие из-за несоблюдения правил технической эксплуатации комбайнов. Ко второй группе отнесены отказы, возникающие из-за несовершенства конструкции машины и неудовлетворительной технологии ее изготовления.

Выполненный анализ существующих критериев показывает, что для оценки долговечности комбайнов необходимо учитывать физический износ, уровень надежности машин, их ремонтпригодность, структуру ремонтного цикла и экономические показатели комбайна с учетом влияния технического прогресса производства и затрат на ремонты. Следовательно, необходимо уста-

новить математическую связь между технической производительностью, межремонтным ресурсом и удельным расходом средств на поддержание машин в исправном состоянии.

Во второй главе рассмотрена методика исследования надежности и долговечности комбайна "Караганда-7/15" в соответствии с которой решены следующие основные задачи:

1. Выбраны необходимые критерии для оценки надежности и долговечности, применительно к специфическим особенностям проходческих комбайнов "Караганда-7/15" и разработаны критерии для оценки их ремонтпригодности.

2. Произведен корреляционный анализ машинного времени и объемов комбайновой проходки для условий Карагандинского бассейна, а также статистический анализ сменного машинного времени.

3. Выполнен анализ статистических данных хронометражных наблюдений за работой комбайнов, их отказов и ремонтов в условиях эксплуатации и на ремонтном заводе.

4. Сделано определение фактической эксплуатационной надежности и оптимальных их значений по фактору своевременного выполнения ремонтно-профилактических работ на комбайне. Разработаны рекомендации для повышения надежности и долговечности наиболее слабых узлов комбайна.

Для оценки показателей надежности и долговечности проходческих комбайнов приняты рекомендации ГОСТ 13377-67.

Исследованиями установлено, что внезапные отказы комбайнов "Караганда-7/15" после периода приработки в процессе эксплуатации подчиняются экспоненциальному закону распределения,

а постепенные отказы - нормальному закону. В связи с этим при длительной эксплуатации вероятность безотказной работы $P(t)$ выражается суперпозицией указанных законов распределения

$$P(t) = P_B(t) P_n(t) = \exp(-\Lambda t) \prod_{i=1}^{N_i} \left[\frac{1}{2} - \Phi(z) \right]^{N_i}, \quad (1)$$

где $P_B(t)$ и $P_n(t)$ соответственно вероятность безотказной работы при внезапных и постепенных отказах;

N_i - число деталей в каждой группе;

i - число групп;

Λ - общая интенсивность отказов системы, 1/час;

$z = \frac{t - T}{\sigma}$ - нормированное отклонение времени между отказами со среднего его значения;

σ - среднеквадратическое отклонение наработки на постепенный отказ, час;

T - наработка на отказ, час.

Опыт эксплуатации проходческих комбайнов показывает, что высокую ремонтпригодность узлов или деталей машин необходимо учитывать на стадии ее проектирования. В связи с этим для инженерного расчета коэффициента готовности узла получена формула вида:

$$K_{г\gamma} = \frac{1}{1 + \omega(t)(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3)}, \quad (2)$$

где

$\omega(t)$ - параметр потока отказов узла, 1/час;

τ_1 - время обнаружения отказа, час;

τ_2 - время ликвидации отказа, час;

τ_3 - время опробования машины после ликвидации отказа, час.

Значение τ_2 , выраженное через трудоемкость, определяется по формуле

$$\tau_2 = \frac{T_э}{N_ч}, \quad \text{час} \quad (3)$$

где

$T_э$ - трудоемкость ликвидации отказа, ч-час;

$N_ч$ - количество людей, занятых ликвидацией отказа, чел.

Численные значения величины трудоемкости $T_э$ определяются при испытаниях опытных образцов и, в первую очередь, для наиболее аварийных и ответственных деталей и узлов комбайна.

Практика показывает, что трудоемкость процессов разборки и сборки в условиях эксплуатации $T_э$ значительно выше, чем в условиях рудоремонтного завода $T_{рз}$. Причем значения $T_{рз}$ легко установить по данным ремонтных предприятий и поддаются инженерному расчету при корректировке конструкции новой детали.

Так же известно, что трудоемкость $T_э$ коррелирует с трудоемкостью $T_{рз}$ через переводной коэффициент K , который определяется экспериментально. Для инженерного расчета численных значений τ_2 выполнены хронометражные наблюдения за процессами разборки и сборки комбайна в условиях рудоремонтного завода и условиях эксплуатации. Это позволило получить аналитическую зависимость для предварительной оценки коэффициента готовности узла следующего вида

$$K_{г\gamma} = \frac{1}{1 + \omega(t) \left(\tau_1 + K \frac{T_{рз}}{N_ч} + \tau_3 \right)} \quad (4)$$

исследована с использованием методов С.Г.Струмилина и А.И.Консона, как наиболее полно отражающих факторы физического износа машин, их надежности и экономические показатели. В методике физический износ учитывается ресурсами деталей и узлов, фактор надежности определяет структуру ремонтного цикла, а затраты средств на создание машин и ее ремонты с учетом морального износа I-го и II-го рода определяют экономические показатели.

Критерий морального износа I-го рода является коэффициентом обесценивания машин под влиянием технического прогресса и определяется по формуле академика С.С.Струмилина

$$P = \frac{1}{(1+P)^T} \quad (5)$$

где P - среднегодовой прирост производительности труда по заводам, в том числе изготовляющим горные машины $P = 0,08\%$.

Под влиянием технического прогресса производства происходит обесценивание существующей машины за счет создания машин более совершенной и надежной конструкции, учитываемой моральным износом II-го рода.

В указанной методике показатель для определения морального износа отсутствует. Поэтому инженерный расчет времени его наступления предложено производить с учетом экономических предпосылок, через удельные затраты поддержания комбайнов в исправном состоянии E , технической производительности и срока службы до капитального ремонта, по формуле

$$E = \frac{C \cdot q}{T_1 \cdot 60} \cdot \frac{\rho_g}{M^3} \quad (6)$$

где $C = C_1 + C_2 + C_3$ - расходы, связанные с созданием (включая стоимость проектирования), эксплуатацией и капитальным ремонтом комбайна, руб;
 C_1 - средняя стоимость проектирования и изготовления одного комбайна;
 C_2 - эксплуатационные расходы на запчасти, текущий ремонт, электроэнергию и рабочую силу за данный межремонтный срок, руб;
 C_3 - расходы на один комбайн при капитальном ремонте, руб;
 q - средний удельный расход машинного времени до капитального ремонта, мин/м³;
 T_1 - средний срок службы комбайна до капитального ремонта, час.

Тогда сравнительная оценка затрат на 1 м³ вынутого горного массива для различных комбайнов определится по формуле

$$\lambda_o = \frac{E_1}{E_{11}} = \frac{C_1' \cdot q' \cdot T_1''}{T_1' \cdot C_1'' \cdot q''} \quad (7)$$

где E_1 - удельные затраты средств на поддержание комбайна в исправном состоянии, отнесенные на 1 м³ горного массива при работе нового комбайна за один межремонтный срок, руб/м³;
 E_{11} - то же при работе комбайна старого типа, руб/м³.

Если абсолютная величина λ_o окажется меньше единицы, то для старого комбайна наступает моральный износ II-го рода.

Формула (7) одновременно учитывает влияние на моральный износ II-го рода важнейших показателей работы комбайна C , q , и T_1 .

Данная методика положена в основу определения показателей надежности и долговечности проходческого комбайна "Караганда-7/15".

В III главе изложены результаты экспериментальных исследований надежности проходческих комбайнов "Караганда-7/15" по данным пятилетней эксплуатации опытной, опытно-промышленной и промышленной партии.

Для получения статистической информации о надежности комбайнов разработан специальный метод хронометражных наблюдений, сочетающий в себе анализ причин отказов и простоев, затраты времени на их устранение, а также определения машинного времени.

Для статистического анализа машинного времени, объемов проходки и сменного машинного времени дополнительно использованы данные 320 полносменных хронометражных наблюдений за работой комбайнов, проведенные НИС УУП Казахской ССР и институтом Гипроуглегормаш. Кроме того, при расчете долговечности учтены данные о расходах запасных частей на шахтах и ремонтных предприятиях, стоимость изготовления и ремонтов комбайнов и затраты на эксплуатацию, включающее в себя все профилактические мероприятия, выполненные на шахтах.

Исходным показателем оценки основных параметров надежности и долговечности является машинное время работы комбайнов, определение которого проводилось через удельный расход

времени на 1 м^3 отбитой горной массы в плотном теле (q - мин/м³).

Анализом установлено, что среднесменное машинное время работы комбайнов $T_{см}$ согласуется с нормальным законом распределения и равно 86 ± 5 мин, при $G = 22,6$ мин.

Дисперсионный анализ 116 полносменных хронометражных наблюдений показывает, что для достоверной оценки среднесменного машинного времени работы проходческих комбайнов достаточно иметь 40 смен. Последнее имеет весьма важное практическое назначение, т.е. позволяет экономить средства и время при ориентировочной оценке уровня надежности машины на стадии ее проектирования или доводки.

Данные хронометражных наблюдений позволили установить корреляционную связь между машинным временем и объемом проходки выполненной комбайном. При этом средний удельный расход машинного времени составляет $q_{ср} = 2$ мин/м³. Получена эмпирическая зависимость машинного времени от среднесменной производительности комбайнов (при коэффициенте корреляции $0,93 < r < 0,97$) вида

$$T_M = 1,93 V_{см} + 10,6, \text{ мин} \quad (8)$$

Полученный удельный расход машинного времени q , мин/м³ использован для исследования записей в журналах работы комбайнов и наряду с фактической проходкой позволили дать достоверную оценку уровня надежности комбайна. Техническая производительность комбайна для ^нсредних горно-геологических условий равна $30 \text{ м}^3/\text{час}$, что в 1,5-2 раза выше, чем у ПК-3м и может быть увеличена еще в 4 раза. Максимально возможная техническая производительность комбайна составляет $Q = 115 \text{ м}^3/\text{час}$.

Эта величина неоднократно подтверждалась при проведении вы-
работок скоростными методами.

Распределение простоев и коэффициента готовности по груп-
пам, узлам и машинам в целом за 5 лет работы комбайнов промыш-
ленной партии представлено в табл. I.

Таблица I

Наименование частей и узлов комбайна	Кол-во про- стоков		Время про- стоков		Коэффици- ент готов- ности
		%	час	%	
Электрическая часть	60	8,34	36	10,5	0,988
Гидравлическая часть	10	1,7	12	3,5	0,997
Механическая часть	650	90	296	86	0,910
в том числе по узлам:					
Рабочий орган	40	6	32,6	11	0,988
Погрузчик и бермовые фрезы	570	86	244,4	83	0,980
Ленточный перегружатель	10	1	5,3	2	0,998
Остальные узлы	30	5	13,7	4	0,996
ИТОГО:	720	100	344	100	0,900

Сводные данные показателей надежности комбайнов промыш-
ленной партии приведены в табл. 2.

Таблица 2

Наименование основных показателей надежности	Единица измерения		Численные значения
	1	2	
Коэффициент готовности	-	-	0,90
Наработка на отказ	час	-	4,16
Интенсивность внезапных отказов	1/час	-	0,23
Параметр потока износных отказов	1/час	-	0,01

	1	2	3
Общий параметр потока отказов	1/час	-	0,24
Среднее время восстановления:			
Постепенные отказы	час	-	0,47
Внезапные отказы	час	-	0,48
Среднее время поиска и обнаружения одного отказа	мин	-	2,23
Коэффициент вынужденного простоя	-	-	0,10
Коэффициент стоимости эксплуатации	-	-	0,10
Коэффициент профилактики	-	-	0,11
Коэффициент технического использования	-	-	0,72

Для удобства проведения исследований ремонтпригодности
отдельных узлов комбайна, нами предложена расчетная модель
ремонтпригодности.

Анализ показателей ремонтпригодности узлов комбайна,
выполненный с использованием предложенных формул (3), (4)
а также моделей ремонтпригодности, позволил выявить слабые
узлы с точки зрения надежности и внести необходимые изменения
в конструкцию комбайна. Предложенная методика может быть испо-
зована для оценки ремонтпригодности различных типов проход-
ческих и очистных комбайнов. В связи с тем, что компактность
машины должна увязываться с выполнением требований ремонтпри-
годности, появляется необходимость более внимательного подхода
к вопросам взаимного расположения и крепления деталей в машин

Для определения численных значений средних затрат времени
на ликвидацию отказов наиболее ответственных деталей комбайна
были выполнены хронометражные наблюдения за ремонтом отказав-
ших узлов. Они проводились как в условиях эксплуатации, так

при ремонте на рудоремонтном заводе. Откуда видно, что трудоемкость по ликвидации отказов в условиях эксплуатации в среднем в 1,5 раза выше, чем на рудоремонтном заводе.

Формула (3) дала возможность определить по данным завода численные значения средних затрат времени на ликвидацию отказов наиболее ответственных деталей комбайна в условиях эксплуатации.

Статистический анализ затрат времени на ликвидацию отказов показал, что общее время простоев комбайна подчиняется экспоненциальному закону распределения при согласии по критерию χ^2 Пирсона, равном 0,5. Время ликвидации отказов распределено также по экспоненциальному закону, а композиция времени обнаружения и ликвидации отказов хорошо согласуется с законом Эрланга.

На рис. I показана область наиболее возможных значений вероятностей времени безотказной работы комбайна по группам отказов I, Пв и Пп.

Таким образом, относительно высокое время устранения отказов у комбайна "Караганда-7/15" объясняется следующими причинами:

- а) наличием в конструкции машины недостаточно прочных узлов и деталей, доступ к которым затруднен (редукторы рабочего и погрузочного органов, цепь грузчика, привод бермовых фрез и другие);
- б) недостатком или отсутствием инструментов для ремонтов некоторых труднодоступных узлов комбайна;
- в) отсутствием достаточного опыта по эксплуатации и ремонту комбайнов.

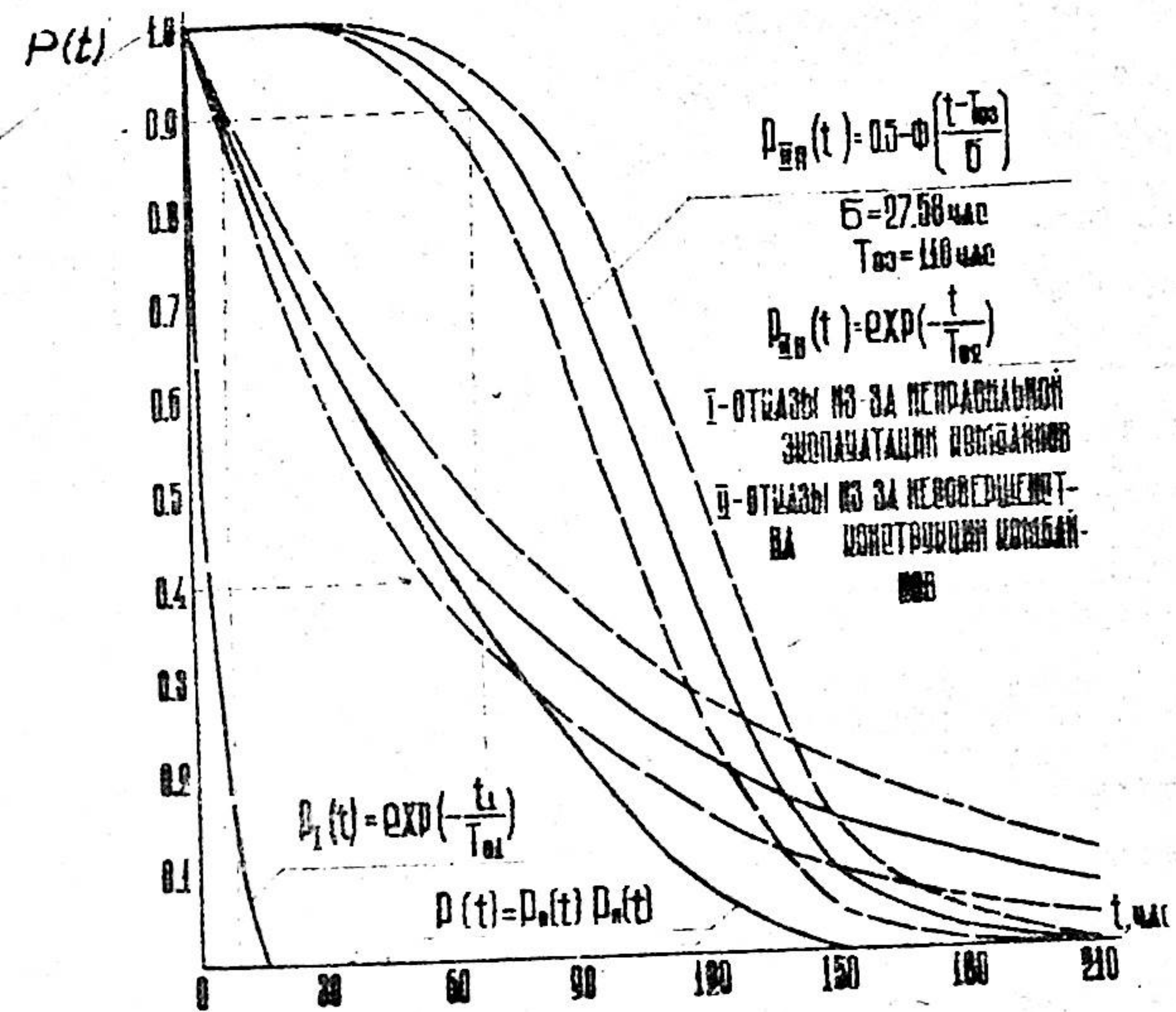


Рис. I. Область наиболее вероятных значений отказов комбайна "Караганда-7/15".

Оптимальная величина коэффициента готовности для проходческих комбайнов автором получена с учетом фактора нормальной эксплуатации и своевременного выполнения на машине ремонтно-профилактических работ $P.P$ и ремонтных осмотров $P.O$, проводимых соответственно за время t_1 и t_2 . Полученная классификация отказов по группам I и II позволила установить для комбайна "Караганда-7/15" оптимальную надежность $K_{гс} = 0,95$.

Графики вероятности $P(t)$ безотказной работы по группам отказов и вероятность восстановления комбайна положены в основу разработки структуры ремонтного цикла и расчета его долговечности. В дальнейшем будут получены подобные графики для других типов комбайнов, что позволит сравнивать уровни их надежности между собой по истечению определенного времени работы.

В IV главе рассмотрены результаты теоретических и экспериментальных исследований причин преждевременного выхода из строя деталей рабочего и погрузочного органов комбайна.

Определение причин частых аварий деталей выполнено методом анализа нагрузок, действующих на них при работе комбайна. Для этой цели в институте выполнены экспериментальные работы по замеру мощности, потребляемой электродвигателями и усилий подачи комбайна на забой. При этом установлено, что нагрузка рабочего и погрузочного органов комбайнов переменная по величине и является случайной величиной. Коэффициент вариации величины усилия подачи рабочего органа на забой велик и составляет $1,5 \pm 1,8$. Это происходит по причинам неустойчивости несущей способности почвы выработок, из-за отсутствия блокиру-

ющих устройств ручки подачи у машиниста комбайна и неудовлетворительной работы редукционного клапана гидродомкратов качания.

У погрузочного органа комбайна наблюдаются частые вывалы кусков породы с боков выработки, что приводит к заклиниванию бермовых фрез и шнека грузчика.

Для получения относительно равномерной нагрузки рабочего и погрузочного органов комбайна рекомендовано регулировать усилие подачи в зависимости от фактической величины усилия резания. Для этой цели нами предложено устройство для регулирования усилия подачи и резания, именуемое УРПР (авторское свидетельство № 260558). Предлагаемое устройство УРПР является сочетанием гидродомкрата и дифференциала. В нем использовано одно из свойств дифференциала - вращение наименее нагруженного вала (рис.2). Достоинствами УРПР являются: более равномерное усилие резания, меньшая динамика (или даже ее отсутствие); простота конструкции, дающая возможность смонтировать регулятор в корпусе рабочего органа; возможность регулирования усилий резания рабочего органа в широких пределах и получения оптимальной величины усилий подачи, обеспечивающих эффективное разрушение горного массива в зависимости от крепости пород; благодаря уменьшению запаса прочности менее нагруженных деталей, с помощью УРПР также можно снизить общий вес рабочего органа; изменением величины усилия подачи, при необходимости, можно регулировать и фракционный состав разрушаемого угля.

Высокая трудоемкость ликвидации отказов цепи потребовала проверки влияния износа ее элементов на прочность. Выполненные

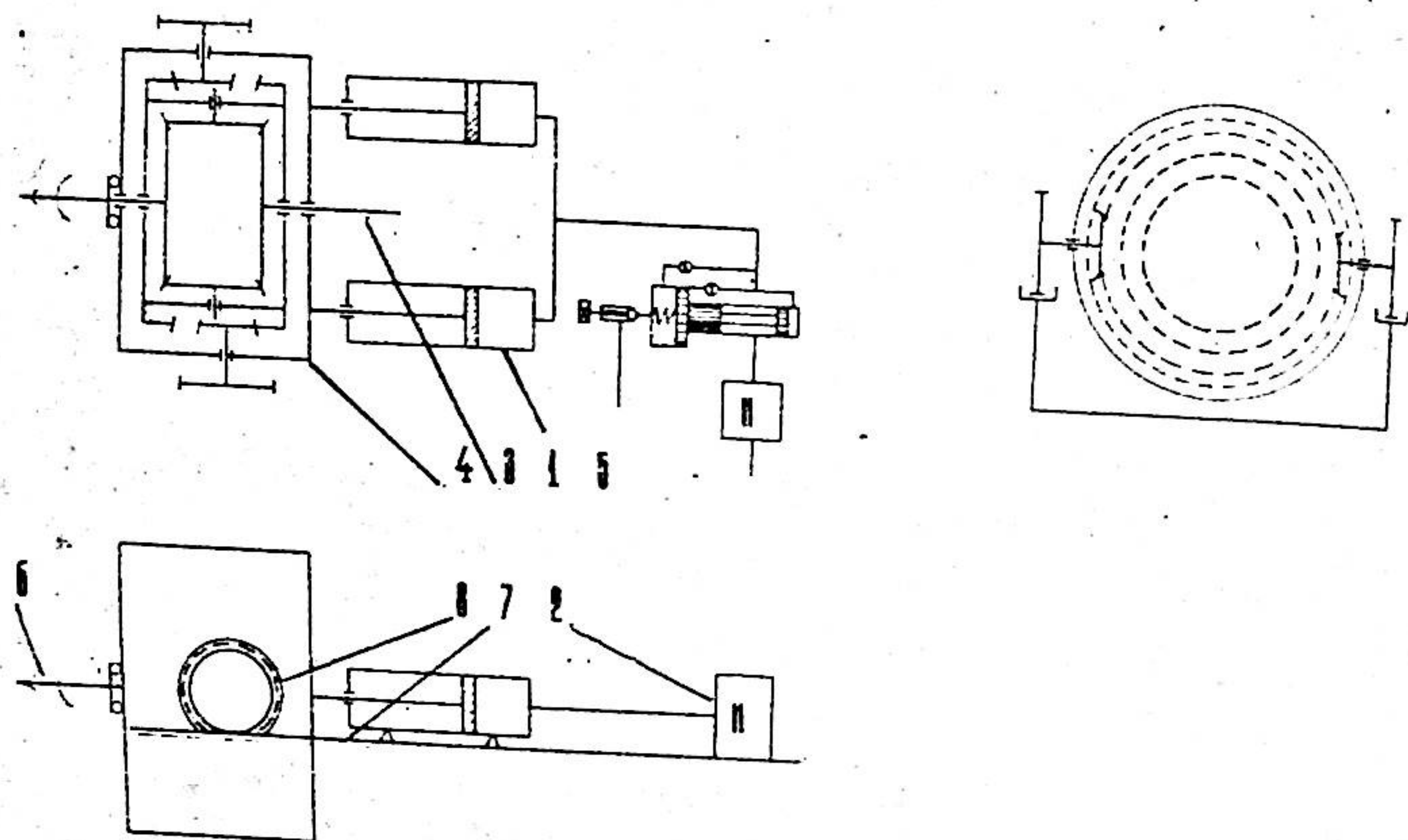


Рис. 2. 1 - гидродомкраты;
2 - гидронасос;
3 - вал главного двигателя;
4 - дифференциал;
5 - редукционный клапан;
6 - вал рабочего органа;
7 - рейка;
8 - ведущая шестерня.

экспериментальные исследования показали, что износ валика цепи после 1450 часов работы комбайна составляет 1,5 мм. При этом его прочность снижается на 10-15%. В связи с этим рекомендованы оптимальные геометрические параметры цепи. Получены уравнения для определения диаметров отверстий щек и валика в зависимости от заданной нагрузки, прочностных характеристик элементов цепи и ожидаемого их износа. Автором рекомендуется упрочнить изнашивающиеся поверхности за счет покрытия их более износостойкими материалами.

В У главе освещаются вопросы долговечности проходческого комбайна "Караганда-7/15". Для разработки структуры ремонтного цикла были рассмотрены данные по работе всех комбайнов с начала их эксплуатации с учетом фактического уровня надежности по ранее полученным графикам вероятности безотказной работы.

С целью предупреждения внезапных отказов при уровне достоверности $P = 0,9$ по графику $P_{zv}(t)$ найдена необходимая периодичность проведения регламентированных работ, равная $t_1 = 8,5$ часам. Этот период хорошо согласуется со сложившейся структурой еженедельных осмотров и проверок, что обеспечивает правильную эксплуатацию и обслуживание комбайнов, как с общеправильной точки зрения, так и с позиций надежного предупреждения внезапных и износных отказов. Кривая $P_{zn}(t)$ показывает, что надежности $P = 0,9$ соответствует наработка $t_2 = 67$ час. Следовательно, не позже этого срока необходимо выполнить ремонтный осмотр PO . Длительность указанного промежутка по календарному времени составляет один месяц при выемке 2000 м^3 горной массы. В дальнейшем периодичность текущих и капитальных

ремонтов была установлена с учетом фактических наработок при обеспечении кратности межремонтных периодов.

Ориентировочная оценка сроков службы изделий обычно производится по известному методу усеченной выборки для нормального закона распределения. Этот метод требует значительных затрат времени, особенно при определении величины квантили K , осуществляемом способом подбора. Для облегчения расчета и сокращения времени предложены графики для трех коэффициентов усеченной выборки. Усовершенствованный метод усеченной выборки использован для определения среднего срока службы деталей.

Таким образом, для комбайнов "Караганда-7/15" следует считать оптимальным межремонтные ресурсы, равные 1600, 800, 400, 200, 68 и 85 часов, что при сложившейся организации проходческих работ в Карагандинском бассейне будет соответствовать 24, 12, 6, 3, 1 и 0,25 месяцам календарного времени и 4800, 2400, 1200, 600, 200 и 250 м³ вынутой горной массы в плотном теле. Структура ремонтного цикла имеет следующий вид:

$R.O, R.O, T_1, R.O, R.O, T_2, R.O, R.O, T_1, R.O, R.O, T_3,$
 $R.O, R.O, T_1, R.O, R.O, T_2, R.O, R.O, T_1, R.O, R.O, K$

где

$R.O$ - ремонтный осмотр;

T_1, T_2, T_3 - соответственно первый, второй, третий текущие ремонты;

K - капитальный ремонт.

Полученная структура ремонтного цикла использована при разработке нормативов стойкости деталей и узлов и норм расхода запасных частей комбайна "Караганда-7/15" для внутрен-

него рынка и поставки за границу. Эти нормативы утверждены Главуглемашем в качестве основного руководящего материала для планирования ремонтных работ.

Определение оптимальной долговечности комбайна выполнено с учетом структуры ремонтного цикла и фактических затрат средств на различные виды ремонтов на шахтах и рудоремонтном заводе. Стойкость капитальных и текущих ремонтов определена по методу академика А.И.Консона. Кривая обесценивания машин под влиянием технического прогресса (моральный износ первого рода) построена с использованием метода академика С.Г.Струмилина.

Расчетная оптимальная долговечность комбайна составила 5,2 года. Она соответствует периоду времени, когда накопленные стоимости предполагаемых ремонтов равны или несколько больше постоянно снижающейся за счет прогресса производства стоимости новой машины. Численные значения удельных затрат средств на поддержание комбайнов в исправном состоянии, необходимые для расчета морального износа II-го рода, составляет 2,9 руб/м³.

Полученная зависимость дает возможность определять ориентировочную экономическую эффективность от повышения надежности комбайна по статье "Поддержание комбайна в исправном состоянии". Для комбайна "Караганда-7/15" экономический эффект по этой статье составил 24000 руб. в год.

В ы в о д ы

I. Для комплексного исследования параметров надежности и долговечности проходческих комбайнов комбинированный метод

более рационален (статистический с ускоренным испытанием отдельных деталей и узлов), поскольку позволяет получить исходные данные при минимальных затратах средств и времени для дальнейшего совершенствования машины на стадиях ее проектирования, изготовления и эксплуатации.

2. Для оценки надежности комбайна основными критериями являются вероятность безотказной работы и коэффициент готовности. Теоретические исследования позволили дополнить коэффициент готовности показателем ремонтпригодности, что весьма важно для машин с плотной компоновкой узлов и ограниченном объеме рабочего пространства. Ремонтпригодность элементов комбайна рекомендуется оценивать трудоемкостью ликвидации отказов.

3. Предложенная модель ремонтпригодности позволяет выбрать рациональную компоновку узлов и видов крепления их между собой, что имеет важное практическое значение.

4. Для установления численных значений наработки на отказ и межремонтных ресурсов комбайнов предложено пользоваться удельным расходом машинного времени на единицу отбитой горной массы. Удельный расход машинного времени устанавливается

корреляционным анализом данных по сменной проходке и времени работы комбайна и составляет 2 мин/м^3 для комбайна "Караганда-7/15". Минимальное достоверное число хронометражных наблюдений, найденное дисперсионным анализом, составляет 40 полных смен.

5. Для устранения динамических перегрузок, обуславливаемых неравномерностью сопротивления забоя резанию, предложено устройство УРПР автоматически регулирующее усилия подачи в

зависимости от сопротивления забоя. Получена формула для расчета геометрических параметров его элементов.

6. Ориентировочные расчеты сроков службы деталей рекомендуется выполнять по методу усеченной выборки для нормального закона распределения отказов с использованием предложенного графического метода нахождения его квантилей.

7. Для обоснования оптимальной надежности и структуры ремонтного цикла разработана классификация отказов по группам, учитывающая несовершенства конструкции и отклонения от правил технической эксплуатации машин. Эта работа положена в основу разработки норм расхода запасных частей комбайна "Караганда-7/15", которые утверждены Главуглемашем для планирования поставки запасных частей и ремонтных работ.

8. Полученная зависимость для оценки морального износа II-го рода учитывает техническую производительность, удельный расход средств на поддержание комбайна в исправном состоянии, а также срок службы до первого капитального ремонта. Она позволяет обосновать оптимальную долговечность различных типов комбайнов и сравнивать их между собой, а также определять экономический эффект от повышения надежности.

9. Реализация рекомендаций и технических предложений, разработанных в диссертации, кроме фактического повышения коэффициента готовности промышленной партии комбайна с 0,87 до 0,9 позволила увеличить срок службы его основных элементов в 1,3-1,5 раза. При этом от повышения надежности и долговечности только по статье "Поддержания комбайна в исправном состоянии" получен экономический эффект в сумме 24000 рублей в год на один комбайн.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах.

1. Байтулин А.А., Безуглов Н.Н. - Ориентировочная оценка надежности проходческих комбайнов. Изд-во ЦНИЭИуголь, Информационная карта № 4, серия 7, М., 1969.

2. Безуглов Н.Н., Байтулин А.А. - Порядок определения удельного расхода запасных частей к проходческим комбайнам "Караганда-7/15". Изд-во ЦНИЭИуголь. Информационная карта № 96, серия 7, М., 1968.

3. Безуглов Н.Н., Байтулин А.А. - Анализ износов цепи погрузочного органа проходческого комбайна "Караганда-7/15", Изда-во "Стандарты и качество", № 6, М., 1969.

4. Кушанов Г.К., Байтулин А.А., Безуглов Н.Н. - Надежность и долговечность проходческого комбайна "Караганда-7/15". Институт Гипроуглегормаш, Караганда, 1969.

5. Байтулин А.А., Безуглов Н.Н. - О наивыгоднейших геометрических параметрах элементов цепи грузчика проходческих комбайнов "Караганда-7/15". ЦНИИЭИуголь, серия 7, карт. № 15, 1965.

Изобретения по теме диссертации:

1. Устройство для регулирования усилия подачи и резания горного комбайна. Авт. свидетельство № 260558. Бюллетень изобретений, № 4, 1970.

Работа докладывалась:

1. В июле 1970 г. на Всесоюзном совещании по надежности и долговечности горношахтного оборудования. Управление угольной промышленности Казахской ССР, г.Караганда.

- 27 -

2. В июле 1971 г. в Карагандинском политехническом институте, г.Караганда.