

6  
А-52

Министерство высшего и среднего специального образования  
РСФСР  
Ленинградский ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знаме-  
ни горный институт им. Г.В. Плеханова

На правах рукописи

Аспирант  
Ненашин Виктор Степанович

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ И МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА  
ИЗГОТОВЛЕНИЯ И РЕМОНТА ПРИВОДА ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА  
ГОРНЫХ КОМБАЙНОВ

Специальность № 05.172 - Горные машины

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени кандидата тех-  
нических наук

Ленинград  
1973

Министерство высшего и среднего специального образования  
РСФСР

Ленинградский ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени  
горный институт им. Г.В. Плеханова

На правах рукописи


Аспирант  
Ненашин Виктор Степанович

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ И МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА  
ИЗГОТОВЛЕНИЯ И РЕМОНТА ПРИВОДА ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА  
ГОРНЫХ КОМБАЙНОВ

Специальность № 05.172 - Горные машины

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени кандидата тех-  
нических наук

Ленинград  
1973



## В В Е Д Е Н И Е

Директивы XXIV съезда КПСС предусматривают увеличение удельного веса добычи угля механизированными комплексами не менее чем на 60% от общей добычи его. К 1975 г. намечается повысить добычу угля до 695 млн. т. Увеличение добычи полезного ископаемого будет достигнуто за счет технического перевооружения шахт и повышения производительности труда примерно в 1,4 раза.

Ведущим направлением технического прогресса является комплексная механизация на базе внедрения высокопроизводительного оборудования. Высокопроизводительные комплексы действуют более чем в 660 забоях, средняя суточная добыча угля и производительность труда здесь в 2,5 - 3 выше, чем в лавах с индивидуальной крепью. Более чем в 250 забоях, оснащенных новым оборудованием добыча угля составляет до 1000-1500 тонн в сутки.

Однако исследования, проведенные ведущими научно-исследовательскими институтами нашей страны, установили недостаточно высокий уровень фактического использования мощностей приводов исполнительных органов серийно выпускаемых угольных комбайнов.

Снижение ресурса приводов исполнительных органов добычных машин обусловлено двумя типами причин: недостаточно высокий уровень качества выпускаемых приводов исполнительных органов, а также не соблюдение условий эксплуатации на шахтах добычных комбайнов.

На рудоремонтных и заводах горного машиностроения до настоящего времени отсутствовали методы и критерии оценки, подтверждающие необходимый уровень качества изготовления и капитального ремонта приводов исполнительных органов горных комбайнов. Испытательные стенды, принятые на заводах горного машиностроения, не позволяли производить контрольные испытания и поэтапную оценку качества изготовления и капитального ремонта системы привода исполнительного органа добычных комбайнов. Критерии характеризующие качество технологической обкатки, не учитывают реальные условия эксплуатации горных комбайнов.

Отсутствие совершенных методов контроля приводов исполнительных органов при стендовых испытаниях на заводах горного маши-

ностроения не позволяет своевременно обнаружить и устранить неисправности элементов системы привода в сборе, физическое состояние которых не поддается контролю и отказ которых в шахтных условиях резко снижает фактическое использование ресурса угольных комбайнов.

Для внедрения полученных результатов в заводские условия данные исследования проводились на единоразмерных образцах испытательных стендов, что позволило использовать основные выводы работы при внедрении аналогичной схемы испытательного стенда на рудоремонтном заводе "Красный Октябрь" комбината Кузбассуголь.

Настоящая работа посвящена разработке испытательных средств, методов контроля, показателей качества изготовления и капитального ремонта при стендовых испытаниях приводов исполнительных органов добычных комбайнов. Задачей проведенной работы явилось решение следующих основных вопросов:

1. Исследование блок-схем испытательных стендов.
2. Исследование влияния величины и характера нагрузки на эффективность работы привода исполнительного органа комбайна.
3. Исследование коэффициента усиления нагрузок в системах:
  - а) испытательный стенд
  - б) привод исполнительного органа.
3. Выбор критериев, характеризующих качество привода исполнительного органа испытуемых добычных машин.

Работа основана на экспериментально-теоретических исследованиях. При проведении эксперимента в системе испытательного стенда использовалось серийно выпускаемое оборудование. Замер среднедействующих значений исследуемых параметров производился визуально, по приборам общепромышленной серии, величина мгновенных значений исследуемых параметров, при быстропотекающих процессах, регистрировалась на ленту осциллографа типа Н-700. Обработка полученных значений параметров производилась методами математической статистики.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и приложения, изложенных на 120 страницах машинописного текста, включает 22 таблицы, 44 рисунка и список литературы.

## Глава I. АНАЛИЗ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТЕНДОВ, МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ И РЕМОНТА ПРИВОДОВ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ ДОБЫЧНЫХ МАШИН

В первой главе дан краткий анализ фактического использования ресурса приводов исполнительных органов добычных машин с шнековым исполнительным органом на шахтах комбината Кузбассуголь. На основе данного анализа установлено, что узлы и детали приводов исполнительных органов необходимо разделять на группы: группа узлов и деталей, физическое состояние которых поддается контролю современными техническими средствами, и группа узлов и деталей, физическое состояние которых не поддается контролю современными техническими средствами. Отказ узлов и деталей второй группы наиболее неблагоприятен, так как приводит к остановке лавы и срыву плановой добычи участка, что в целом снижает эффективность использования ресурса привода исполнительного органа добычных комбайнов. Для повышения эффективности использования ресурса необходимы наиболее совершенные испытательные средства и методы контроля при стендовых испытаниях приводов исполнительных органов добычных комбайнов.

Анализ испытательных (средств) стендов показывает, что по количеству потребляемой энергии их можно разделить на две основные группы: стенды, созданные по методу разомкнутого энергетического потока, и стенды, созданные по методу замкнутого энергетического потока (см. таблицу I).

Стенды, созданные по методу разомкнутого энергетического потока, характеризуются тем, что вся энергия, развиваемая главным двигателем стенда, расходуется на потери в элементах системы испытательных средств и в гасящих устройствах (тормозные колодки, фрикционы, гасящие сопротивления и др.). Данную группу стендов можно разделить на две подгруппы: первая подгруппа стендов-стенцы с механическими нагрузителями, вторая подгруппа стендов-стенцы с электрическими нагрузителями. Первая подгруппа стендов обладает рядом существенных недостатков: трудоемкость определения потерь мощности (К.П.Д.) только лишь в испытуемой системе; малый диапазон регулирования нагрузок на валу испытуемой машины; большой расход энергии в процессе

испытаний; необратимость системы испытательного стенда, — что не позволяет производить поэлементную технологическую обкатку и оценку качества изготовления и капитального ремонта сложной испытуемой системы. Однако благодаря простоте конструкции данные системы испытательных стендов получили широкое распространение на заводах общего и горного машиностроения при технологической обкатке серийной продукции. Вторая подгруппа стендов позволяет определять суммарные потери мощности в испытуемой системе и системе испытательного стенда (нагрузочном приводе), однако не позволяет производить тарировку нагрузочных приводов, так как нагрузочные машины работают только лишь в режиме генератора. Наличие электрических нагрузочных устройств позволяет регулировать режим нагружения в широком диапазоне при технологической обкатке, однако производить контрольные испытания на прочность циклически напряженной системы весьма трудоемко ввиду большой инерционности системы.

Стенды, созданные по методу замкнутого энергетического потока, характеризуются тем, что энергия, развиваемая главным двигателем стенда и нагрузочным двигателем, расходуется только на потери в элементах испытуемой системы и элементах системы испытательного стенда. Эту группу стендов также необходимо разделить на две подгруппы: подгруппа стендов с механическими нагрузочными устройствами (гибкие валы, дифференциалы, косозубые передачи и др.), подгруппа стендов с электрическими нагрузочными устройствами (машины постоянного тока, машины переменного тока). В настоящее время на заводах общего машиностроения при контрольных испытаниях большое распространение получила первая подгруппа стендов с механическими нагрузочными устройствами. В испытательных стендах с механическими нагрузочными устройствами энергия расходуется пропорционально степени закручивания испытуемой системы, т.е. величина нагрузки на валах испытуемой машины определяется податливостью гибкого нагрузочного звена. Характер задаваемой нагрузки статический, динамичность нагрузки в узлах и деталях испытуемой системы обусловлена только особенностями кинематики трансмиссии. Влияние внешней динамики на узлы и детали испытуемой системы практически исследовать и учесть не представляется возможным, так как жесткая механическая связь нагрузочных устройств с выхо-

ными валами испытуемых редукторов не позволяет задавать пульсирующий характер нагружения. Вторым существенным недостатком данных систем испытательных стендов является невозможность раздельной технологической обкатки и сравнительных испытаний сложной системы, которая включает несколько параллельных кинематических цепочек.

Подгруппа стендов с электрическими нагрузочными устройствами наиболее приемлема для контрольных испытаний и технологической обкатки приводов исполнительных органов добычных комбайнов. Электрические нагрузочные устройства в данных системах испытательных стендов работают совместно с электромашинными или тиристорными реверсивными преобразователями, благодаря чему нагрузочные машины постоянного тока могут работать в режиме двигателя или в режиме генератора.

Тиристорные нагрузочные приводы наиболее полно удовлетворяют требованиям, предъявляемым к испытательным стендам горного машиностроения: универсальность конструкции и методики испытаний; обеспечение широкого диапазона испытуемых типоразмеров добычных машин, возможность проведения поэлементной технологической обкатки и контрольных испытаний системы приводов добычных машин в сборе; простота определения критериев в элементах системы привода исполнительного органа испытуемых машин, характеризующих качество изготовления и надежность их работы; малая инерционность нагрузочных устройств и экономичность. Однако несмотря на данные преимущества тиристорных приводов, они не нашли применения в системах испытательных стендов на заводах горного машиностроения.

Наряду с анализом испытательных стендов в первой главе дан анализ методов контроля и критериев оценки качества изготовления приводов на заводах общего и горного машиностроения. Рассмотрены способы технологической обкатки, контрольных и сравнительных испытаний, а также методы исследовательских испытаний, принятых на заводах общего и горного машиностроения. Отмечено, что наибольшее распространение на заводах общего и горного машиностроения получила технологическая обкатка серийно выпускаемой продукции. Методы и критерии, принятые при этом,

Таблица 1

ИЛИ ИМЕННОЕ СХЕМ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТЕНДОВ	СХЕМЫ СТЕНДОВ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ РЕДУКТОРОВ В ОБЩЕМ МАШИНОСТРОЕНИИ		СХЕМЫ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТЕНДОВ ПРИВОДОВ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ ДОБЫЧНЫХ МАШИН НА ПЛОСКОМ ГОРНОМ МАШИНОСТРОЕНИИ	
	ТИП РЕДУКТОРА		ТИПЫ ПРИВОДОВ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ ДОБЫЧНЫХ МАШИН	
	ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ОДНО И МНОГОСТУПЕНЧАТЫЕ	КОНИЧЕСКИЕ	С ЦЕПНЫМ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ОРГАНОМ	СО ШНЕКОВЫМ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ОРГАНОМ
РАЗОМКНУТЫЕ СХЕМЫ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТЕНДОВ С МЕХАНИЧЕСКИМИ НАГРУЖАТЕЛЯМИ				
РАЗОМКНУТЫЕ СХЕМЫ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТЕНДОВ С УСКОРИТЕЛЕМ			НЕ ПРИМЕНЯЕТСЯ	НЕ ПРИМЕНЯЕТСЯ
РАЗОМКНУТЫЕ СХЕМЫ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТЕНДОВ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ НАГРУЖАТЕЛЯМИ				
ЗАМКНУТЫЕ СХЕМЫ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТЕНДОВ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ НАГРУЖАТЕЛЯМИ				
ЗАМКНУТЫЕ СХЕМЫ СПОСОБОВ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТЕНДОВ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ НАГРУЖАТЕЛЯМИ			НЕ ПРИМЕНЯЕТСЯ	

Д - главный двигатель стэнда, М - электромеханический нагрузочный элемент, П - электромеханический нагрузочный элемент, Т - тормоз, ВР - вспомогательный редуктор, КР - вспомогательный конический редуктор, П - редуктор типа горной промышленности, К - тросовый ремень, ИВ - инерционный редуктор, Н - инерционный нагрузочный элемент.

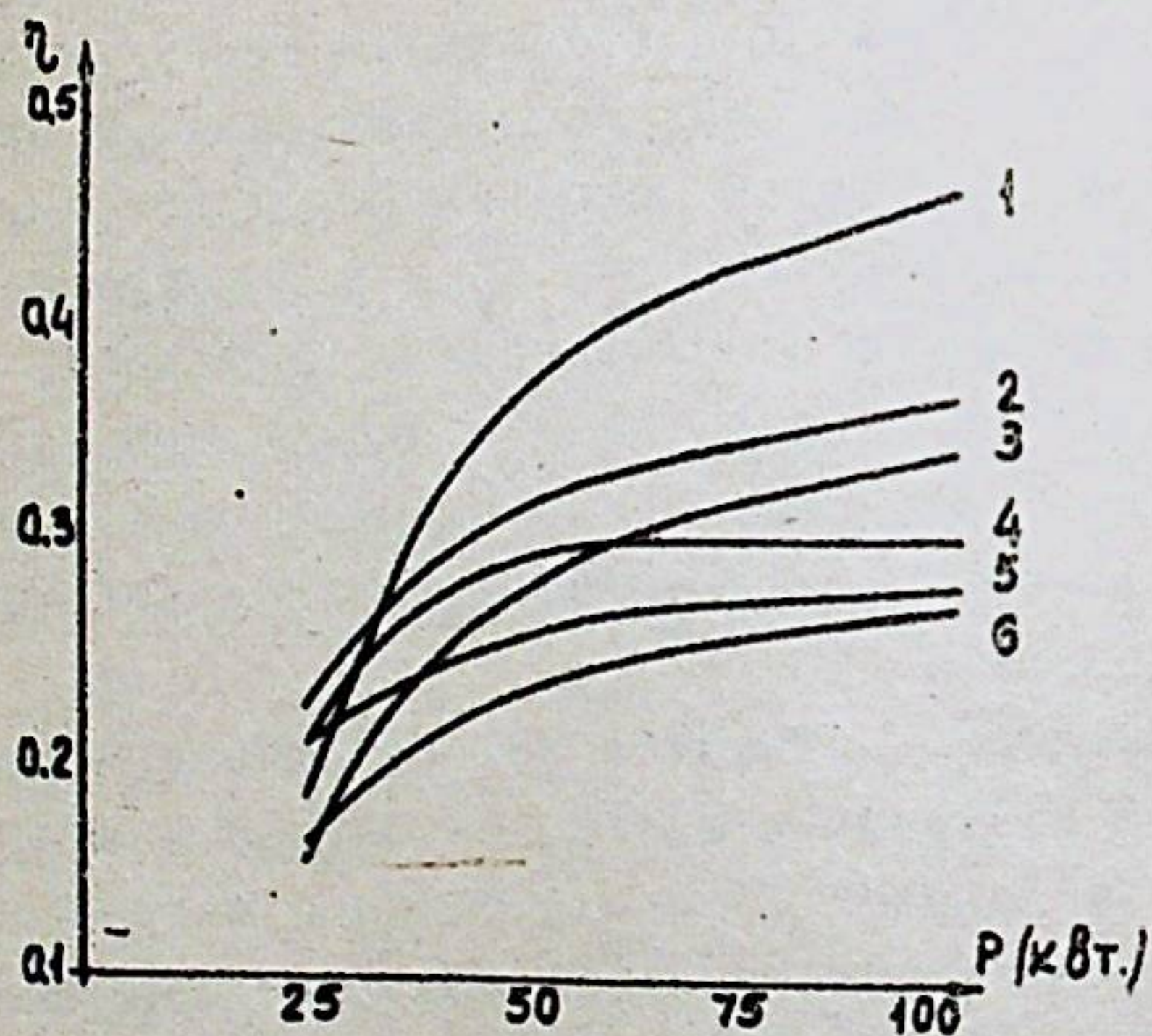


Рис. I Зависимость К.П.Д. в системе "Урал-33" от величины и частоты  $f$  пульсации нагрузки, 1 -  $f = 0$ ; 2 -  $f = 24$  Гц; 3 -  $f = 8$  Гц; 4 -  $f = 12$  Гц; 5 -  $f = 16$  Гц; 6 -  $f = 32$  Гц.

одинаковы для приводов общего назначения и горной промышленности. Критерии, характеризующие качество технологической обработки кинематических элементов, полностью не приемлемы при контрольных испытаниях приводов добычных машин и требуют дополнительного исследования, так как они не учитывают реальных условий эксплуатации / 1 /.

### Глава II. СТЕНДОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИВОДОВ ДОБЫЧНЫХ МАШИН С ЦЕПНЫМ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ОРГАНОМ

Данная глава посвящена вопросам исследования влияния величины и характера нагрузки на потери мощности (К.П.Д.) в системе испытательного стенда, созданного по методу разомкнутого силового потока и приводе исполнительного органа добычных машин с цепным исполнительным органом.

При определении потерь мощности (К.П.Д.) в системе испытательного стенда и приводе исполнительного органа необходимо учитывать влияние температурного фактора. Большое влияние на потери мощности (К.П.Д.) системы испытательного стенда оказывает величина и частота возмущающего импульса / 2 /. Нами экспериментально определено, что К.П.Д. системы испытательного стенда в зависимости от частоты и величины возмущающего импульса при  $P_{xx} \leq P_1 \leq P_n, t^0 = const$  подчиняется эмпирической зависимости вида / 2 /

$$\eta = a - \frac{b}{P_1}; \quad (1)$$

где  $a$  - максимальный К.П.Д. системы испытательного стенда,  $b$  - коэффициент, учитывающий переменные потери мощности в зависимости от нагрузки на валу испытуемой машины, кВт,  $P_1$  - мощность, потребляемая главным двигателем стенда из сети, кВт.

Графические зависимости К.П.Д. системы испытательного стенда в зависимости от величины и частоты возмущающего импульса представлены на рис. I. В результате данного эксперимента установлено, что К.П.Д. системы испытательного стенда снижается с ростом частоты и величины возмущающего импульса.

При исследовании влияния частоты и величины возмущающего

импульса нагрузка зацавалась током возбуждения машины постоянного тока. Частота задавалась датчиком импульсов, который был включен в цепь возбуждения.

Для уменьшения времени переходного процесса датчиком импульсов в течение одного оборота изменялось направление тока возбуждения, т.е. в одном случае создавался тормозной момент, в другом случае гасилось остаточное магнитное поле. Мгновенные значения потребляемой мощности регистрировались на ленту осциллографа типа Н-700 с преобразователя мощности ПООЧ. Форма импульса задавалась треугольная. Обработка результатов эксперимента производилась методами математической статистики.

В результате экспериментальных исследований установлено, что температура в масляных ваннах редуктора не характеризует быстропротекающие процессы. Система испытательного стенда характеризуется двумя видами потерь мощности: потери мощности при статическом нагружении и потери мощности при динамическом нагружении. Коэффициент относительного изменения К.П.Д. определялся из зависимости вида

$$K_{cp} = \frac{\sum K_i}{n}; \quad (2)$$

где

$$K_i = \frac{\eta_i'}{\eta_i''}; \quad (3)$$

где

$K_i$  - текущие значения коэффициентов,

$n$  - количество текущих значений,

$\eta_i'$  - КПД системы при  $P_I = P_H$ , квт,

$\eta_i''$  - КПД системы при  $P_I = 0,5 P_H$ , квт.

Абсолютная величина относительного изменения К.П.Д. при статическом нагружении равна  $K_{cp} = 1,3$ , при пульсирующем характере нагружения  $K_{cp} = 1,23$ .

Увеличение потерь мощности (К.П.Д.) при пульсирующем характере нагружения характеризуется коэффициентом  $C'$ , который определялся из соотношения вида

$$C' = \frac{\eta_{ст}}{\eta_g} = \frac{\Delta P_{ст}}{\Delta P_g}; \quad (4)$$

где  $\eta_{ст}$  - коэффициент полезного действия при  $P_I = P_H$  и стати-

ческом нагружении,

$\eta_g$  - коэффициент полезного действия при  $P_I = P_H$  при динамическом нагружении.

Абсолютная величина коэффициента  $C$  изменяется в довольно широких пределах (1.33-1.96) и зависит от частоты и величины возмущающего импульса.

Для исследования влияния частоты и величины нагрузки на К.П.Д. (потери мощности) в приводе исполнительного органа потребовалась дополнительная серия экспериментов, которая проводилась на испытательном стенде с тиристорным нагрузочным приводом.

### Глава III. СТЕНДОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ (К.П.Д.) В ПРИВОДАХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ ДОБЫЧНЫХ КОМБАЙНОВ СО ШНЕКОВЫМИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ОРГАНАМИ

Данная серия исследования проводилась на испытательном стенде рис.2-1. Стенд создан в лаборатории ЛГИ по методу замкнутого энергетического потока с тиристорным нагрузочным приводом. Система испытательного стенда включает в себя тиристорные реверсивные преобразователи-4, нагрузочные машины постоянного тока-3 и нагрузочные редукторы-2. Нагрузочный привод (4-3-2) смонтирован на раме, выполненной из швеллера № 20. Добычной комбайн также устанавливался на раму, выполненную из швеллера № 20. Приборы и аппаратура измерения были смонтированы в пульте управления.

Нагрузочные привода скомпонованы из серийного оборудования. В качестве нагрузочных машин приняты машины постоянного тока с минимальным маховым моментом крановой серии типа ДП-52. Нагрузочные редукторы выбраны типа РМ-650. Реверсивные тиристорные преобразователи выбраны типа ПТТР 460-630. Аппаратура измерения скомпонована из серийно выпускаемых приборов.

Величина нагрузки задавалась током якоря. Частота возмущающего импульса изменялась датчиком импульсов, который был включен в цепь управления током якоря машины постоянного тока  $M_I(K_2)$ . Форма импульса задавалась треугольная. Мгновенные значения задаваемой мощности (мощность, на выходе системе) и мгно-

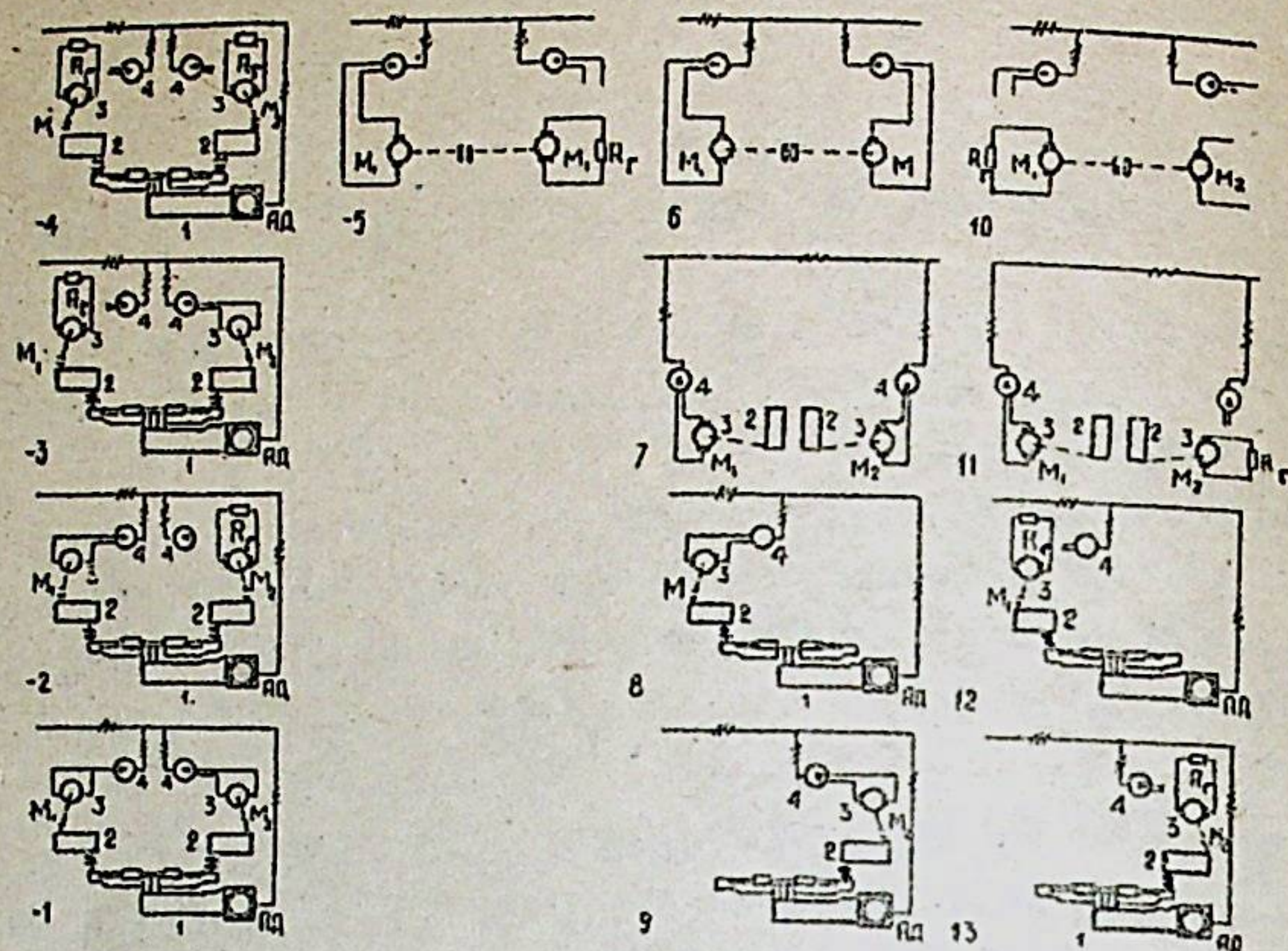


Рис.2.

Рабочие блок-схемы испытательного стенда  
 1-привод исполнительного органа комбайна; 2-нагрузочные редукторы; 3-машины постоянного тока; 4-реверсивные тиристорные приводы;  $R_r$  -гасящее сопротивление.

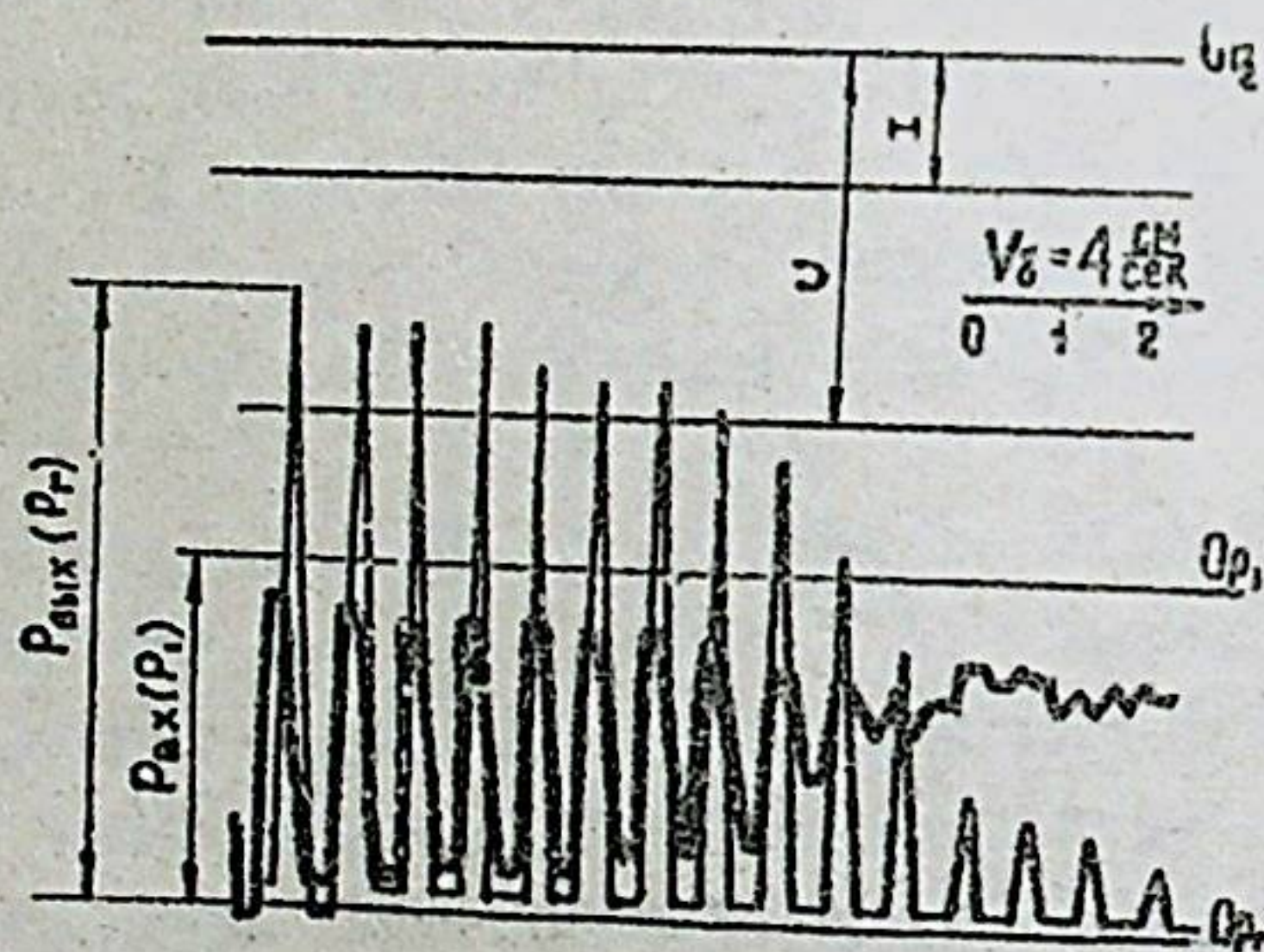


Рис.3. Пример записи задаваемой и потребляемой мощности

венные значения потребляемой мощности (на входе системы) регистрировались осциллографом типа Н-700 с преобразователями мощности ПОО4. Преобразователи мощности были включены со стороны переменного тока по одному на каждую электрическую машину.

Пример записи задаваемой и потребляемой мощности представлен на рис.3.

В результате анализа осциллограммы установлено, что независимо от частоты возмущающего импульса при  $P_I \leq P_n$  видимого сдвига между  $P_{вх}$  и  $P_{вх}$  при скорости протяжки ленты 4см/сек. не наблюдалось. Это обстоятельство позволило считать трансмиссию системы привода исполнительного органа комбайна и системы испытательного стенда неупругой. Так как мгновенные значения потребляемой мощности  $P_I$  не превышали  $P_n$  номинальной часовой мощности асинхронного двигателя, изменение скорости не превышало значений, указанных в зависимости вида

$$\frac{\omega_0 - \omega}{\omega} = (1,2 - 1,5) S_n ; \quad (4a)$$

где  $\omega_0$  - скорость идеального холостого хода, об/мин;  
 $\omega$  - скорость асинхронного двигателя при  $P_I = P_n$ ,  
 $S_n$  - номинальное скольжение.

В результате обработки осциллограммы методами математической статистики установлено, что средневзвешенные и мгновенные значения К.П.Д. за время действия одного импульса можно принять равными.

При определении потерь мощности в необходимом элементе системы испытательного стенда и системы привода исполнительного органа данный / 3 / элемент исключался из блок-схемы согласно рис.4. Абсолютная величина потерь мощности определялась из выражения вида

$$\Delta P_{иск} = P_{дв} - P_r ; \quad (5)$$

где  $\Delta P_{иск}$  - потери мощности в исследуемом элементе системы, кВт,

$P_{дв}$  - мощность, развиваемая двигателем, кВт,

$P_r$  - мощность, задаваемая генератором, кВт.

В процессе эксперимента выдерживалось три условия: температура в масляных ваннах редуктора поддерживалась постоянной  $t = const$ , скорость на валу генератора независимо от типа испы-



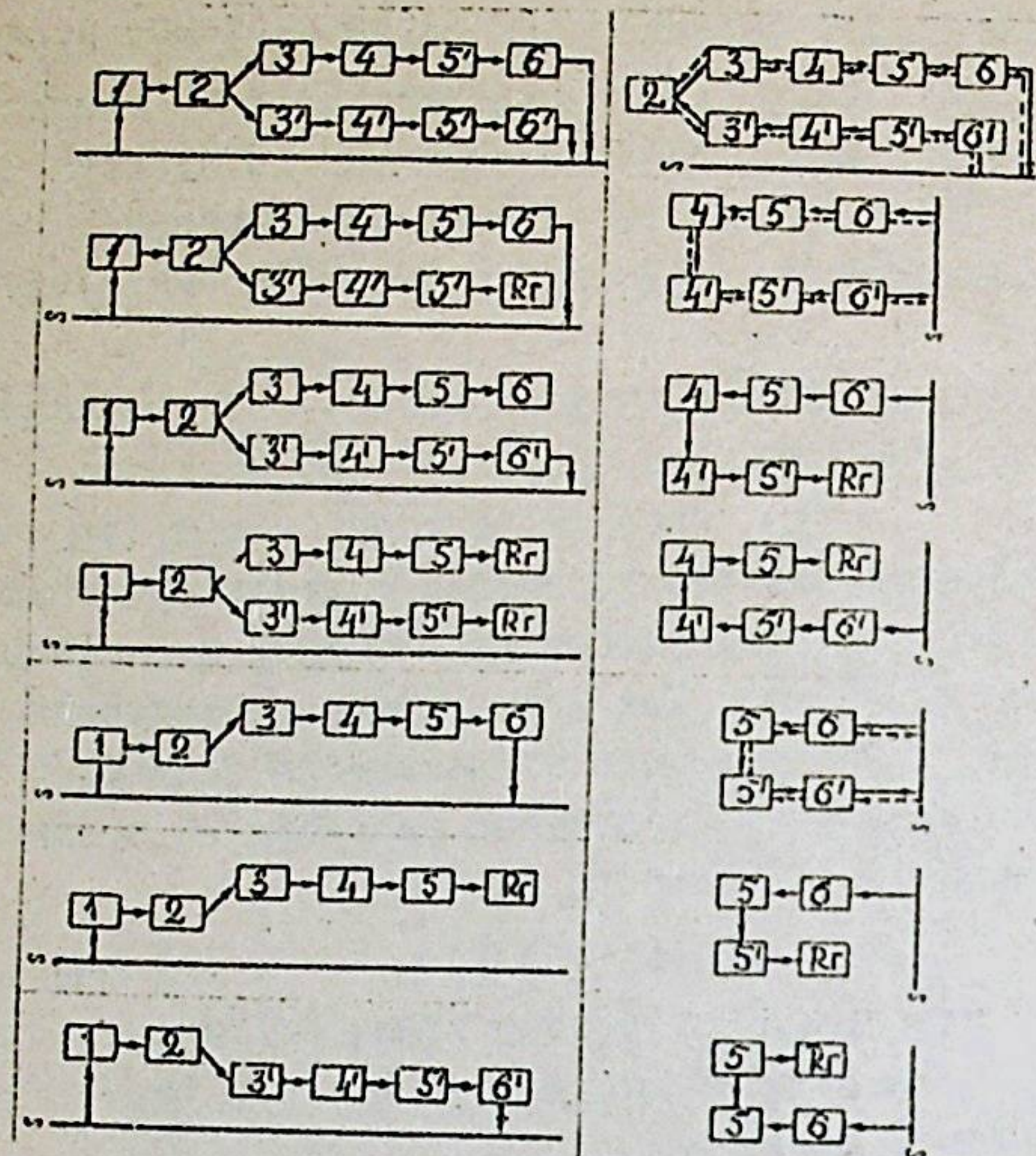


Рис.4 Схема распределения энергетических потоков в системе привода исполнительного органа комбайна в системе испытательного стенда:

1 - асинхронный двигатель комбайна, 2 - основной редуктор, 3(3') - поворотный редуктор, 4(4') - нагрузочный редуктор, 5(5') - нагрузочные машины постоянного тока, 6(6') - реверсивный тиристорный преобразователь, Rr - гасящее сопротивление.

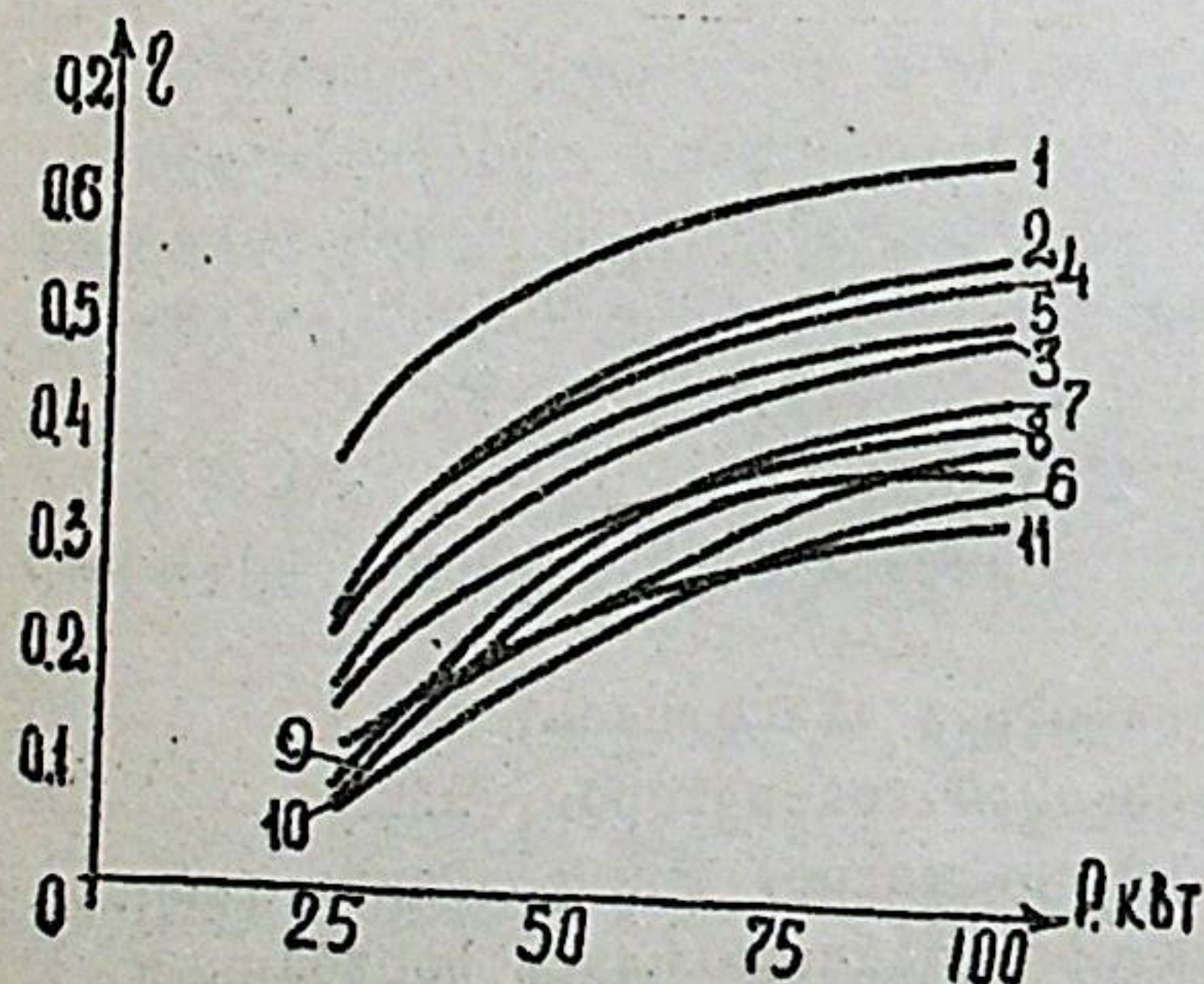


Рис.5 Зависимость К.П.Д. от величины и частоты  $f$  пульсации нагрузки в системе привода КИ-I КГ:  
 1 -  $f=0$ ; 2 -  $f=3$  Гц;  
 3 -  $f=6$  Гц;  
 4 -  $f=7$  Гц;  
 5 -  $f=8$  Гц;  
 6 -  $f=9$  Гц;  
 7 -  $f=10$  Гц;  
 8 -  $f=11$  Гц;  
 9 -  $f=14$  Гц;  
 10 -  $f=16$  Гц;  
 11 -  $f=20$  Гц.

туемой системы при  $P_1 = P_n$  не превышала значения вида (4), отношение махового момента двигателя к маховому моменту генератора независимо от типа испытуемой системы также поддерживалось постоянным и равным

$$\frac{C D^2_{дв}}{C D^2_{г}} \approx 1.$$

В результате проведенных экспериментов установлено, что К.П.Д. системы привода исполнительного органа и системы испытательного стенда при  $0,25 P_n \leq P_1 \leq P_n$  подчиняется эмпирической зависимости вида (1). Исследование потерь мощности в поворотных редукторах привода комбайна при  $f = \sqrt{\Omega \omega}$  необходимо производить по блок-схемам рис.2-8, 2-I2, 2-7, 2-II. Тарировку нагрузочных приводов при однократном приложении нагрузки необходимо производить по блок-схемам 2-II, при пульсирующем характере нагружения по блок-схеме I3-7. Относительное изменение К.П.Д. при однократном приложении нагрузки и пульсирующем характере нагружения зависит от величины и типа испытуемой системы. Потери мощности (К.П.Д.) системы зависят от динамических характеристик системы, т.е. при совпадении частоты возмущающей силы с резонансными частотами системы К.П.Д. системы снижается. Данное обстоятельство свидетельствует о том, что износ узлов и деталей системы зависит от частоты и величины возмущающего импульса. Интенсивность износа исследуемой системы можно характеризовать отношением вида (4). Для привода исполнительного органа данного комбайна  $C = 1,56$ .

Графические зависимости К.П.Д. в зависимости от частоты и величины возмущающего импульса представлены на рис.5. Представленные зависимости свидетельствуют о нелинейном характере изменения К.П.Д. в зависимости от частоты и величины возмущающего импульса. Как известно рассеяние энергии характеризует коэффициент усиления нагрузок в исследуемой системе. Поэтому необходимо исследовать и установить зависимость между К.П.Д. и коэффициентом усиления нагрузок в приводе и редукторе исполнительного органа добычного комбайна.

#### Глава IV. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ПРИБОРОВ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ ДОБЫЧНЫХ МАШИН

В данной главе дано обоснование рациональных блок-схем (рис 2) и структурных схем энергетических потоков при поэлементной оценке качества изготовления и капитального ремонта приводов исполнительных органов добычных комбайнов.

Как видно, основная схема испытательного стенда рис. 4-I представляет сложный электромеханический колебательный контур, который можно разделить на два основных колебательных контура; привод исполнительного органа и тиристорные нагрузочные привода.

Учитывая свойства тиристорного нагрузочного привода и соединяя его с элементами системы привода комбайна и системы испытательного стенда можно получить следующие независимые в управлении блок-схемы:

1. Закрытые рис. 4-5; 4-7; 4-8; 4-9; 4-I2.

Блок-схемы 4-5, 4-7 необходимо применять для поэлементной оценки привода нижнего (верхнего) шнека при технологической обкатке. Блок-схему 4-8 целесообразно применять при технологической обкатке редуктора привода исполнительного органа. Тарировку нагрузочных приводов и машин постоянного тока необходимо производить по блок-схемам 4-9, 4-I2.

2. Разомкнутые блок-схемы рис. 4-4; 4-6; 4-I0; 4-II; 4-I3; 4-I4. Эти схемы наиболее применимы для технологической обкатки приводов добычных комбайнов.

Комбинированные блок-схемы рис. 4-2, 4-3. Как известно для повышения устойчивости работы тиристорного привода необходимо вводить обратные связи по току или напряжению. При отсутствии обратных связей можно воспользоваться данными блок-схемами. В этих схемах одна машина постоянного тока работает на гасящий реостат, вторая на инверторный мост преобразователя. Величина и частота возмущающего импульса задается током якоря тиристорного нагрузочного привода. В результате проведенных нами исследований установлено, что блок-схемы 4-2 и 4-3 можно использовать при сравнительных испытаниях циклически напряженной трансмиссии поворотных приводов.

Как видно из рис. 4-I система испытательного стенда представляет разветвленную кинематическую цепочку. Для любой сложной системы, состоящей из  $n$  параллельных цепочек можем записать уравнение потребляемой мощности из сети

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n; \quad (6)$$

тогда общий К.П.Д. системы

$$\eta_c = \frac{\eta_1 P_1 + \eta_2 P_2 + \eta_3 P_3 + \dots + \eta_n P_n}{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n} \quad (7)$$

Для случая, когда имеем две параллельные цепочки можем записать

$$\eta_{пр} = \frac{\eta_n P_n + \eta_b P_b}{P_n + P_b} \quad (8)$$

где  $\eta_1, \eta_2, \dots$  - К.П.Д. каждой параллельной цепочки,

$P_n$  - мощность, протекающая по трансмиссии нижнего привода комбайна, кВт,

$P_b$  - мощность, протекающая по трансмиссии верхнего привода комбайна, кВт,

$\eta_n$  - К.П.Д. нижней параллельной цепочки,

$\eta_b$  - К.П.Д. верхней параллельной цепочки.

Преобразуем выражение (8), для чего введем коэффициент, учитывающий несимметричность нагрузки на выходных валах поворотных редукторов:

нижнем

$$K_n = \frac{P_n}{P_1}; \quad (9)$$

верхнем

$$K_b = \frac{P_b}{P_1} \quad (10)$$

Подставляя в зависимость (8) получим

$$\eta_{пр} = K_n \eta_n + K_b \eta_b; \quad (11)$$

для нашего случая, учитывая зависимость (1)

$$\eta_{пр} = K_n \left(a - \frac{b}{P_1}\right) + K_b \left(a - \frac{b}{P_1}\right). \quad (12)$$

Тогда условия качественного ремонта (изготовления) определится из соотношения

$$\eta_{пр} = \eta_n = \eta_b = a - \frac{b}{P_1} = \eta_{нов}. \quad (13)$$

где  $\eta_{пр}$  - К.П.Д. привода исполнительного органа испытываемой машины,

$\eta_{нов}$  - К.П.Д. новой машины.

Коэффициент неравномерности нагрузки для приводов исполнительных органов добычных комбайнов, работающих на шахтах Кузбасса равен  $K_H = 0,6$ ,  $K_B = 0,4$  тогда

$$\eta_{пр} = 0,6\eta_H + 0,4\eta_B. \quad (14)$$

Потери мощности в системе привода комбайна определяются из соотношения:

при статическом нагружении

$$\Delta P = \Delta P_H + \Delta P_B = P_1 [0,6(1-\eta_H) + 0,4(1-\eta_B)]; \quad (15)$$

при динамическом нагружении

$$\Delta P' = C P_1 [0,6(1-\eta_H) + 0,4(1-\eta_B)]; \quad (16)$$

где  $C$  - коэффициент, учитывающий интенсивность износа.

В результате исследований установлено, что потери мощности зависят от частоты и величины возмущающего импульса. Данное обстоятельство свидетельствует о том, что потери мощности характеризуют величину накопления повреждений.

Как указывалось выше при исследовании влияния частоты и величины возмущающего импульса на потери мощности двигатель комбайна работая на устойчивой части характеристики. Поэтому в данном случае возможно применение основного уравнения движения привода

$$M - M_c = M_g = J \frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega}{2} \cdot \frac{dJ}{dt}. \quad (17)$$

Учитывая, что в данном случае  $J = const$  максимальное значение

$M_g$  за время действия и одного импульса при  $P_I = P_H$  определится из зависимости вида

$$M_g = J \frac{\omega_0 - \omega}{\Delta t} = J(1,2-1,5) S_H \frac{\omega_0}{\Delta t}; \quad (18)$$

или, выражая через мощность, мгновенное значение момента определится из соотношения вида

$$M = \frac{P_1}{\omega}. \quad (19)$$

Так как отношение момента сопротивления  $M_c$  к моменту кручения

$M_{кр}$  есть в данном случае мгновенный К.П.Д., можем записать

$$\frac{M_c}{M_{кр}} = \frac{P_{вых} \cdot \omega \cdot \eta_T \cdot \eta_r}{\omega \cdot P_{вх}} = \eta_c \cdot \eta_T \cdot \eta_r; \quad (20)$$

где  $P_{вх}$  - мгновенная мощность, потребляемая из сети, кВт;  
 $P_{вых}$  - мгновенная мощность, задаваемая на выходе системы, кВт,

$\eta_r$  - К.П.Д. генератора,

$\eta_T$  - К.П.Д. тиристора,

$J$  - момент инерции вращающихся частей,  $кг \cdot м^2$ ,

$\omega$  - угловая скорость, рад/сек.

Как известно, коэффициент усиления нагрузок амплитудно-частотных характеристик представляет отношения крутящего момента к моменту сопротивления; тогда, учитывая соотношение (20), амплитудно-частотную характеристику можно получить из функции вида

$$A(f) = \frac{M_{кр}}{M_c} = \frac{1}{\eta_g \cdot \eta_r \cdot \eta_T}. \quad (21)$$

Производя простые преобразования, получим аналитическую зависимость амплитудно-частотной характеристики ( $A_{\Sigma X}$ ) привода исполнительного органа в диапазоне частот (0-20)гц

$$A'(f) = \frac{\eta_{г.н.пр}}{\eta_{г.с}}. \quad (21a)$$

Для редуктора исполнительного органа комбайна

$$A''(f) = \sqrt{[1 - (\frac{f}{f_0})^2]^2 + (\frac{f}{f_0}) \cdot \frac{T_M}{T_3} \cdot \frac{\eta_{г.н.пр}}{\eta_{г.с}}}; \quad (22)$$

где  $f$  - частота внешнего возмущения, гц,

$f_0$  - собственная частота колебаний асинхронного двигателя, кгц,

$T_M$  и  $T_3$  - механическая и электромагнитная постоянная времени электродвигателя,

$\eta_{г.н.пр}$  - К.П.Д. системы испытательного стенда при разной частоте внешнего возмущения,

$\eta_{г.с}$  - К.П.Д. системы привода исполнительного органа комбайна и системы испытательного стенда.

Зависимость коэффициента усиления нагрузок в системе испытательного стенда и системе привода комбайна представлена на

рис. 6.

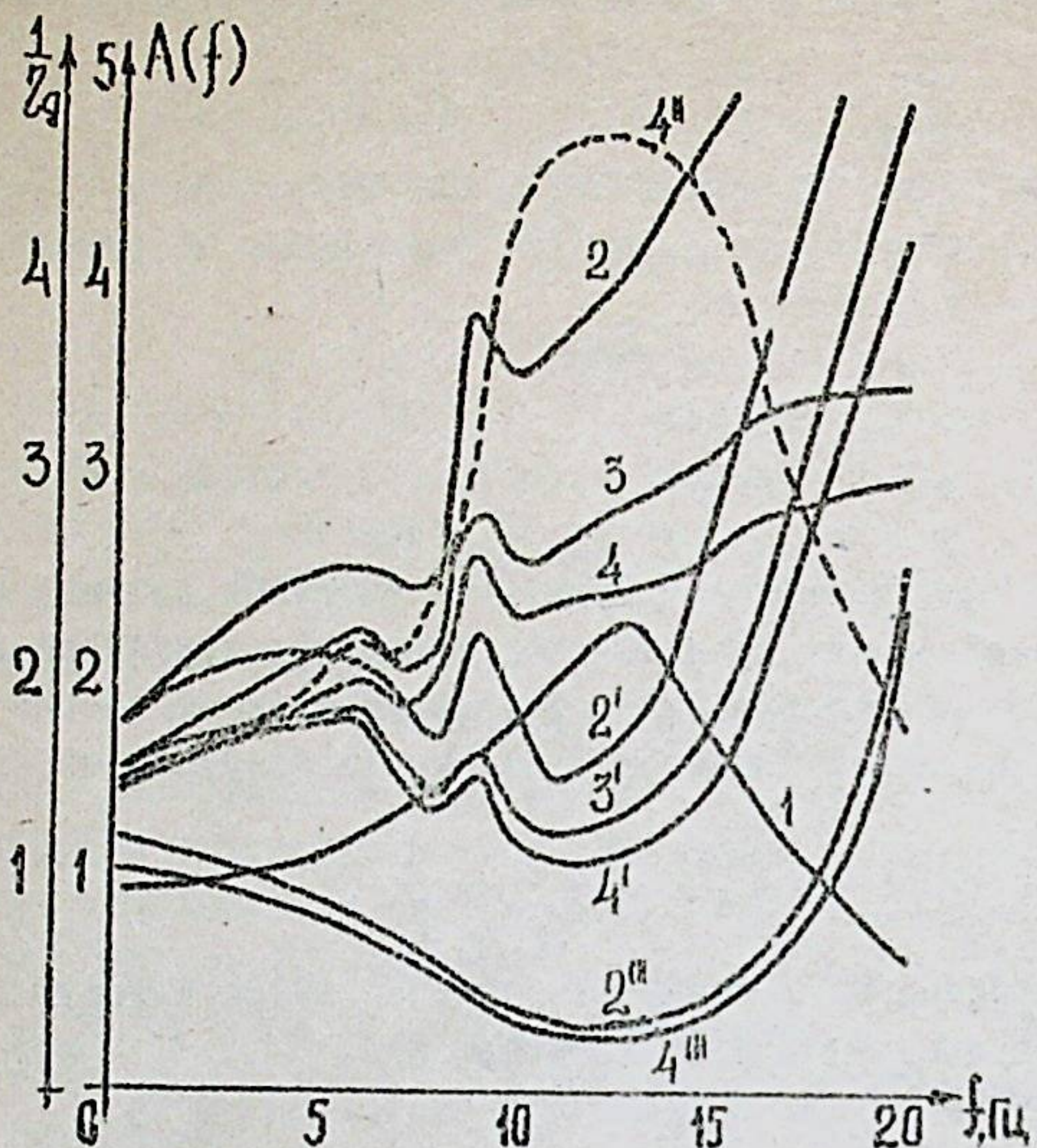


Рис. 6.

Зависимость коэффициента усиления нагрузок от частоты внешнего возмущения и типа колебательного контура:

- 1-зависимость коэффициента усиления нагрузки в асинхронном двигателе,
- 2-зависимость коэффициента усиления нагрузки в системе 4-2 (4-3)
- 2'-зависимость коэффициента усиления нагрузки в системе 4-8
- 4''-зависимость коэффициента усиления нагрузки в системе 4-10
- 4'''-зависимость коэффициента усиления нагрузки в системе редуктора привода исполнительного органа комбайна.

В результате исследований, представленных АЧД установлено, что наибольшее усиление коэффициента нагрузок происходит в редукторе привода исполнительного органа добычного комбайна при  $f = 20$  гц и составляет (2.3 - 2.4). Принимая во внимание данную особенность, нами предложена методика контрольных испытаний приводов исполнительных органов добычных комбайнов.

Глава V. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МЕТОДИКЕ КОНТРОЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ И  
ОБОСНОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

В данной главе предложена методика контрольных испытаний циклически напряженной системы привода и исполнительного органа добычного комбайна с симметричными циклами нагружения.

При проведении стендовых испытаний прсде определять потери мощности при статическом и динамическом нагружении из зависимости вида (5). Мгновенные значения задаваемой мощности  $P_3$  и потребляемой мощности необходимо фиксировать на ленту осциллографа типа Н-700.

После определения потерь мощности в испытуемом приводе исполнительного органа добычного комбайна необходимо определить коэффициент интенсивности износа из соотношения вида (4). Полученное значение коэффициента  $C_{и}$  сопоставляется с коэффициентом  $C_{и}$  новой машины. При качественном изготовлении должно выполняться условие вида

$$\frac{C_{н}}{C_{и}} = 1 \quad (23)$$

В случае невыполнения условия (23) ожидаемое время до капитального ремонта можно определить из зависимости вида

$$T_0 = \frac{Q_{фр}}{Q_T} \cdot \frac{C_{н}}{C_{и}} \quad (24)$$

- где  $Q_{ф}$  - фактическая ресурсная добыча нзой машины, тыс.т,  
 $Q_T$  - техническая производительность комбайна в конкретных горно-геологических условиях, т/мин,  
 $C_{и}$  - коэффициент интенсивности износа испытуемой машины,  
 $C_{н}$  - коэффициент интенсивности износа качественно изготовленной машины.

Ожидаемый экономический эффект от внедрения данных рекомендаций составит 57,6 тыс.руб. за год.

Основные выводы

- I. Для оценки качества изготовления и ремонта приводов исполнительных органов в реальных условиях необходимы более совершенные испытательные средства (стенды) и методы контроля добычных комбайнов.

2. На заводах горного машиностроения и рудоремонтных отсутствуют обратимые схемы испытательных стендов с электрическими нагрузками, позволяющие перераспределять энергетический поток, а также определять погрешности вносимые нагрузочными приводами в процессе испытаний.

3. К.П.Д. системы испытательного стенда зависят от температуры, абсолютной величины и частоты возмущающей силы.

4. Потери мощности при динамическом и статическом нагружении характеризуют качество изготовления и капитального ремонта приводов исполнительных органов добычных машин.

5. Относительное изменение К.П.Д. в системе привода исполнительного органа и системе испытательного стенда при статическом и динамическом нагружении зависит от величины нагрузки и типа испытываемой системы.

6. При совпадении частоты возмущающей силы с собственными частотами исследуемой системы, потери мощности в ней возрастают (К.П.Д. снижается).

7. Блок-схемы испытательного стенда позволяют проведение поэлементной технологической обкатки, а также контрольные испытания циклически напряженной системы привода исполнительного органа при сохранении постоянства отношения маховых масс двигателя и генератора.

8. Наибольшее усиление нагрузок происходит в системе испытательного стенда при совпадении частоты внешнего возмущения с резонансными частотами асинхронного двигателя и составляет (4,55 - 4,75).

9. Редуктор привода исполнительного органа усиливает нагрузки при частоте возмущающего импульса более 18 гц. Наибольшее усиление нагрузок происходит в редукторе при симметричных циклах нагружения с частотой  $f = 20$  гц и составляет 2,4, что не превышает расчетного коэффициента запаса прочности деталей и узлов трансмиссии привода исполнительного органа. Данное обстоятельство можно использовать при контрольных испытаниях приводов исполнительных органов добычных машин.

### З а к л ю ч е н и е

I. Предложенные блок-схемы с тиристорным нагрузочным приво-

дом позволяют производить поэлементную оценку качества привода исполнительного органа добычного комбайна при статическом и динамическом нагружении.

2. На стендовой установке экспериментально доказано, что потери мощности в приводе комбайна зависят не только от абсолютной величины нагрузки, но и характера ее изменения.

3. По коэффициенту усиления нагрузок можно оценивать качество изготовления и капитального ремонта приводов исполнительных органов добычных комбайнов.

Данное обстоятельство позволит в дальнейшем при исследовании спектра преобладающих частот на угольных бассейнах нашей страны производить прочностные испытания приводов исполнительных органов добычных комбайнов в заданном диапазоне частот.

4. Полученные рекомендации позволяют получить значительный экономический эффект. Предварительно оценивая по участковой стоимости, окупаемый экономический эффект составит 57,6 тыс. руб. в год.

5. Рекомендации данной работы использованы при внедрении стенда завода "Красный Октябрь", однако они могут быть распространены на все заводы горного машиностроения при стендовых испытаниях приводов исполнительных органов добычных комбайнов.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах

1. Определение К.П.Д. электрогидравлического привода подачи горных машин. Информационная карта № 212 серия 2.1971 (в соавторстве с Лорензо А.Ф.)

2. Влияние пульсации нагрузки на потери энергии в системах испытательных стендов. Сб. Новые исследования в горной электромеханике. Л., 1971 (в соавторстве с Лорензо А.Ф.)

3. Исследование К.П.Д. приводов исполнительных органов добычных машин и элементов систем испытательных стендов. Сб. Новые исследования в горной электромеханике, Л., 1972.