

630^{к3}

Б 90

Министерство высшего и среднего специального образования БССР

Белорусский технологический институт

имени С. М. Кирова

630^к 848, 4

На правах рукописи

Булавин Николай Иванович

**Исследование работы кранов при групповом
управлении в штабелевочно-погрузочном
процессе на нижнем складе**

(Специальность 05. 21. 01 „Технология и механизация
лесного хозяйства и лесозаготовок“)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Воронеж — 1980

Министерство высшего и среднего специального образования БССР

Белорусский технологический институт

им. С. М. Кирова

На правах рукописи

Булазин Николай Иванович

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ КРАНОВ ПРИ ГРУППОВОМ
УПРАВЛЕНИИ В ШТАБЕЛЕВОЧНО-ПОГРУЗОЧНОМ
ПРОЦЕССЕ НА НИЖНЕМ СКЛАДЕ

(специальность 05.21.01 "Технология и механизация
лесного хозяйства и лесозаготовок ")

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

БИБЛИОТЕКА БТИ
им. С. М. Кирова

Зорнея - 1980

5730ар

Работа выполнена на кафедре транспорта леса и дорожно-строительных машин Воронежского лесотехнического института.

Научный руководитель — кандидат технических наук,
доцент В. Н. Максеев

Официальные оппоненты : доктор технических наук,
профессор Д. К. Воевода,
кандидат технических наук,
доцент П. В. Ползник.

Ведущее предприятие — Краснодарское управление лесного
хозяйства

Автореферат разослан "10" апреля 1980 г.

Защита диссертации состоится в Белорусском технологическом
институте им. С. М. Кирова "15" мая 1980 г.

Ваши отзывы по реферату обязательно в двух экземплярах с
заверенными подписями просим присылать по адресу:

220630, г. Минск-50, Свердлова, 13а, БТИ им. С. М. Кирова.

Ученому секретарю.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО СОВЕТА

И. Э. РИХТЕР

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Увеличить производство прогрессивных средств механизации подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных и складских работ, в том числе грузоподъемных машин с дистанционным и программным управлением — одно из основных направлений развития народного хозяйства, определенного XXV съездом КПСС на текущее пятилетие. Это требование вызвано тем, что на транспортно-погрузочных работах занята многочисленная армия трудящихся, достигающая, например, в промышленном транспорте 7 млн. человек. Значительное место в этих работах занимают ручные операции: малопроизводительные, трудоемкие, тяжелые и зачастую небезопасные. Сказанное в полной мере относится и к предприятиям лесной промышленности — в 1975 году количество рабочих на штабелевочно-погрузочных операциях только на нижних складах превысило 72 тысячи.

Поэтому упор на комплексную механизацию и автоматизацию транспортно-перегрузочных работ в соответствии с директивным направлением позволит решить одновременно две важнейшие народнохозяйственные задачи:

- повысить производительность труда на указанных работах;
- получить дополнительный источник трудовых ресурсов.

Цель работы — повышение производительности труда и качественное улучшение условий труда рабочих, в частности крановщиков, путем внедрения способа работы кранов при групповом дистанционно-программном управлении (ГДПУ) в штабелевочно-погрузочном процессе.

Общая методика исследований. В основу исследований положен системный подход с двумя основными во взаимной связи направлениями: исследование вопросов, связанных с повышением производительности труда, и эргономические исследования по оценке труда и функционально-физиологическому состоянию операторов в системе ГДПУ на штабелевке и погрузке круглых лесоматериалов. Исследования проведены в следующем порядке. Дан анализ состояния вопросов по предмету исследования. Исследованы теоретические предпосылки и основные положения по работе и повышению производительности кранов при групповом управлении. Для исследования оптимальной организации работы кранов в группе использован ме-

тод имитационного моделирования. Дано обоснование, разработанная, внедрена и проверена на надежность техническая система ГДПУ кранами. Путем натуральных экспериментов в сочетании со статистическими методами исследований осуществлена проверка основных теоретических предпосылок и положений. В основу эргономических исследований также положены натурные эксперименты в сочетании с гистографическим и автокорреляционным анализами. На основе результатов исследований дан расчет экономической эффективности предлагаемого способа работы кранов при групповом управлении. Значительное место в исследованиях занимают машинные эксперименты и обработка информации на ЭВМ.

Научная новизна. В диссертации впервые исследуются вопросы работы кранов ККС-10 и БКСМ-14ПМ при групповом управлении. Проведен анализ вариационной задачи по оптимальному перемещению грузов кранами и получено ее аналитическое решение. С помощью метода имитационного моделирования рассмотрен вопрос оптимальной организации работы кранов при групповом управлении в штабелевочно-погрузочном процессе. На основе гистографического и автокорреляционного анализов проведено исследование по оценке функционально-физиологического состояния оператора системы ГДПУ кранами. Получена аналитическая и построены графические зависимости по определению возможного количества кранов в группе от времени на выполнение доводочных операций.

Практическая ценность и реализация работы. Исследованиями подтверждена действенность и эффективность работы кранов при ГДПУ в достижении поставленных целей. Разработана для условий нижних складов работоспособная и отвечающая требованиям надежности техническая система по групповому дистанционно-программному управлению кранами в вариантах их работы со стропными комплектами и с грейферами. Результаты теоретических исследований по оптимальным перемещениям грузов и организации работы кранов в группе могут быть использованы в дальнейших разработках и исследованиях по групповому и программированному управлению кранами.

Система, обеспечивающая работу кранов ККС-10 и БКСМ-14ПМ при групповом дистанционно-программном управлении, внедрена на нижнем складе Горячекличевского лесокombината Краснодарского упрлесхоза.

Апробация работы. По материалам и основным положениям диссертационной работы сделаны доклады и сообщения, получившие

положительную оценку:

на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава и аспирантов Воронежского ЛТИ по итогам научно-исследовательских работ в 1976, 1977, 1978 и 1979 гг.;

на VI научно-технической конференции аспирантов, соискателей и молодых специалистов лесной промышленности; ЦНИИМЭ, 1977 г.;

на III Всесоюзной научно-технической конференции "Комплексная механизация и автоматизация подъемно-транспортных работ в лесной и деревообрабатывающей промышленности", Московский ЛТИ, 1978 г.;

на Всесоюзной научно-технической конференции "Технический прогресс и комплексная механизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных работ на промышленном транспорте"; г. Гомель, 1978 г.;

на научном семинаре "Оптимальное проектирование и управление в лесной промышленности"; ЦНИИМЭ, 1979 г.

Публикация. По теме диссертации опубликовано 10 работ.

Объем работы. Диссертационная работа представлена в 2-х томах. Первый том состоит из 6 основных глав, введения, заключения и списка литературы и содержит 141 страницу машинописного текста, 11 таблиц, 40 рисунков. Второй том включает 19 приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Состояние вопроса по предмету исследования в диссертации рассмотрено в трех основных аспектах.

Дан анализ состояния и перспектив развития нижних лесных складов. Установлено, что в настоящее время наблюдается и в перспективе сохранится тенденция к концентрации и укрупнению нижних складов, чем открываются благоприятные условия для их комплексной механизации и автоматизации. В процессах штабелевки и погрузки круглых лесоматериалов ведущее место будут занимать стационарные краны: консольно-козловые и башенные.

В соответствии с предложенной в работе классификацией по степени автоматизации (дистанционное, дистанционно-программное, программное и групповое управление) проанализировано состояние вопроса по автоматизированному управлению крановыми установками в промышленности. Отмечены наиболее характерные и показательные разработки ВНИИстройдормаша, ИВТУ им. Баумана,

ВНИИПТмаша, а из зарубежных - разработки фирм "Bezett Elect-
 ronics", "Newton" - США; "Telefunken", "Brown Boveri"
 - ФРГ; "Ansitsu", "Sumitomo" - Япония и др. Назначение
 всех этих разработок в основном связано с улучшением условий
 труда крановщиков и управления подвижными объектами. В то же
 время вопрос более производительного использования крановых
 установок остается, как правило, в исходном состоянии. Группо-
 вое управление кранами пока во многом проблематично - в насто-
 ящее время нет промышленных образцов и разработок в этом нап-
 равлении, но ведущие специалисты в области автоматизированно-
 го управления кранами Смехов А.А., Меклер А.Г. и др. однознач-
 но высказываются в пользу такого управления.

Учитывая, что все названные разработки выполнены с учетом
 требований и специфики соответствующих отраслей промышленности
 весьма далеких от лесной, особое внимание уделено опытной си-
 стеме дистанционно-программного управления двумя консольно-
 козловыми кранами ККУ-7,5 на штабелевке и погрузке лесоматериа-
 лов в разработке В.Н. Макеева. Эта разработка принята в качест-
 ве базовой, в частности по структурному построению, для даль-
 нейших исследований и усовершенствования.

На основе проведенного анализа поставлены основные задачи
 исследований:

- исследование возможностей по реализации способа работы
 консольно-козловых и башенных кранов при групповом дистанцион-
 но-программном управлении в штабелевочно-погрузочном процессе
 нижнего склада;
- исследования по созданию работоспособной и надежной систе-
 мы технического обеспечения способа работы кранов при группо-
 вом управлении;
- исследования по оценке вариантов и наилучшему использо-
 ванию преимуществ работы кранов при ГДПУ согласно поставленным
 целям.

Исследования по оптимальной организации работы кранов при
 групповом управлении в штабелевочно-погрузочном процессе.

В диссертации рассмотрены два из возможных направлений опти-
 мизации работы кранов: оптимальное перемещение грузов кранами
 и оптимальная организация работы кранов в группе при дистанци-
 онно-программном управлении в штабелевочно-погрузочном процес-
 се. В качестве основного критерия оптимизации в обоих случаях
 взята производительность крановых установок.

Координатное перемещение грузов кранами в зонах их работы представляет собой весьма сложную вариационную задачу, выражаемую в общем случае интегральным функционалом:

$$J = \int_{t_{k-1}}^{t_k} F(Q, x, y, z, \rho, \varphi, \dot{x}, \dot{y}, \dot{z}, \dot{\rho}, \dot{\varphi}, \ddot{x}, \ddot{y}, \ddot{z}, \ddot{\rho}, \ddot{\varphi}, q_c) dt, \quad (1)$$

где Q - вес перемещаемого груза;

x, y, z, ρ, φ - координаты перемещения;

$\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}, \dot{\rho}, \dot{\varphi}$ - скорости перемещения;

$\ddot{x}, \ddot{y}, \ddot{z}, \ddot{\rho}, \ddot{\varphi}$ - ускорения груза при перемещениях;

q_c - обобщенные возмущающие воздействия.

Задача оптимального перемещения грузов очевидно сводится к минимизации по критерию времени функционала (1):

$$J = \int_0^T dt \rightarrow \min. \quad (2)$$

Путем формализованных логически обоснованных упрощений и допущений, исходя из технических возможностей кранов и крановых электроприводов (скоростные характеристики, разгоны, рабочие скорости, торможения и т.д.), а также учитывая, что груз перемещается кранами, как правило, в верхнем поднятом состоянии, интегральный функционал можно привести к виду:

$$J = \int_{t_{k-1}}^{t_k} F(x, y, \rho, \varphi) dt. \quad (3)$$

Следовательно, задача по оптимизации перемещения грузов указанными кранами может быть решена в координатах на плоскости.

Здесь рассмотрим лишь более сложный случай - оптимальное перемещение лесных грузов башенными кранами-погрузчиками, совершаемое в одной плоскости с помощью трех электроприводов: передвижений крана и грузовой каретки и поворота стрелы.

Все электроприводы работают по оптимальным скоростным графикам (рис. 1) трапециoidalной формы $V^i(t)$, $i = 1, 2, 3$. На графиках приняты следующие обозначения:

C^i - рабочая скорость i -го привода;

t_0 - исходное время, запуск привода;

t_p^i - время разгона привода;

t_T^i - время торможения;

t_k^i - конечное время, отключение привода.

Дополнительное условие: расстояние между точками перемещения таково, что приводы достигают своих рабочих скоростей.

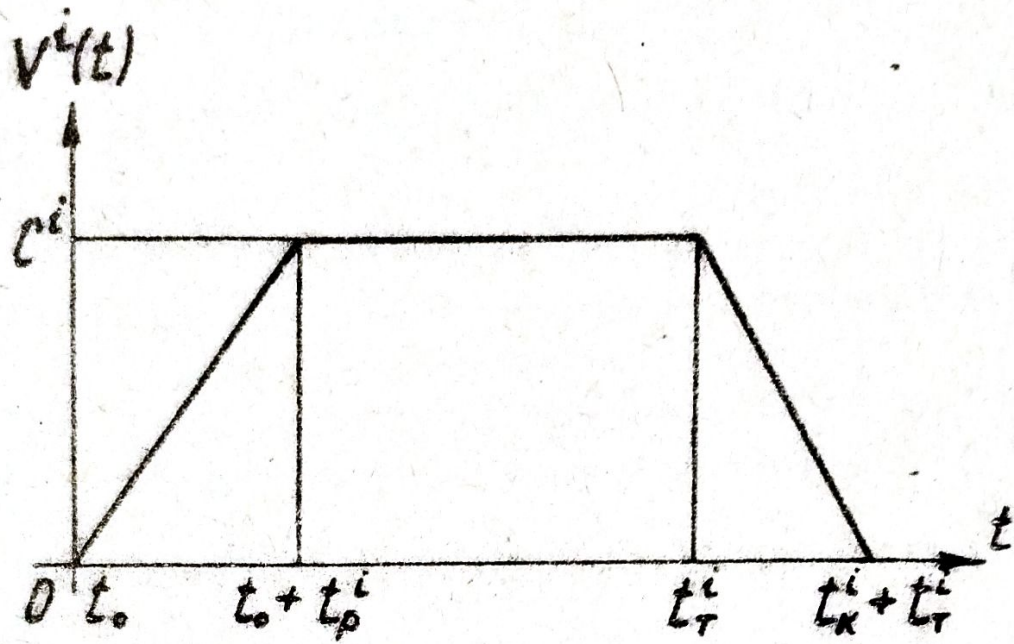


Рис. 1. Скоростные диаграммы крановых электроприводов

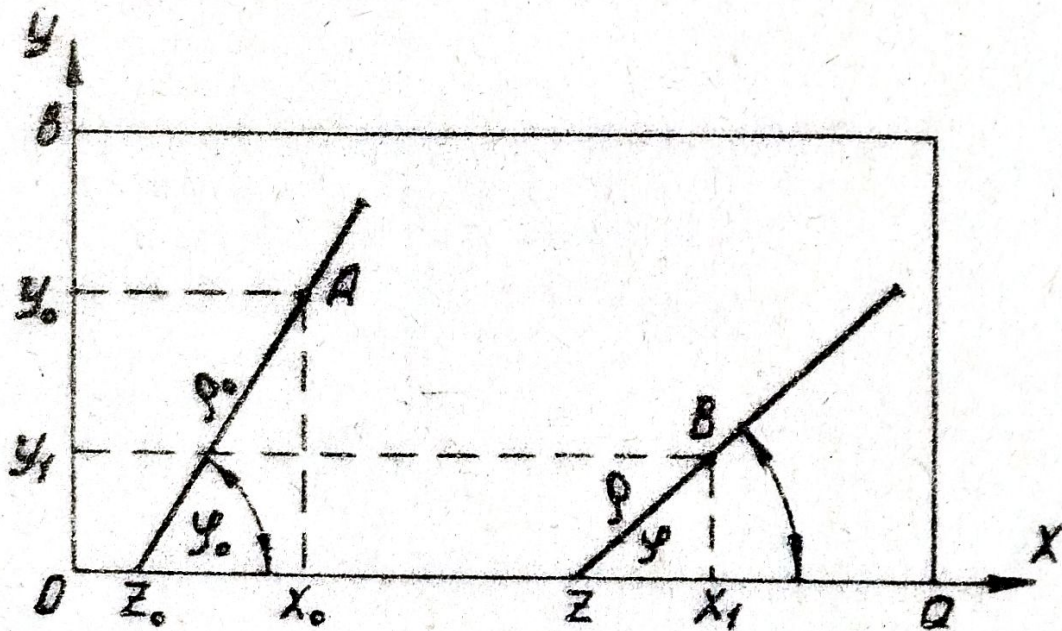


Рис. 2. Зона работы башенного крана

Необходимо переместить груз из точки "А" с координатами x_0, y_0 , положениями крана z_0 и стрелы φ_0 в точку "В" с координатами x_1, y_1 , положениями крана z и стрелы φ при соответствующих ограничениях зоны работы и перемещений крановых механизмов (рис. 2):

$$0 < \rho \leq b; \quad 0 < \varphi \leq \pi; \quad 0 \leq z \leq a, \quad (4)$$

где a - длина рабочей зоны, или протяженность подкрановых путей;

b - ширина зоны, длина вылета стрелы.

Перемещения в сторону больших координат считаем с положительной скоростью, а в сторону меньших координат - с отрицательной.

Составив уравнения движения каждого из названных электроприводов, сведем их в обобщенную систему уравнений координатных перемещений:

$$\begin{cases} x_1 = z_0 + \int_{t_0}^{t_1} v^1(t) dt + \left[\rho_0 + \int_{t_0}^{t_1} v^2(t) dt \right] \cos \left[\varphi_0 + \int_{t_0}^{t_1} v^3(t) dt \right], \\ y_1 = \left[\rho_0 + \int_{t_0}^{t_1} v^2(t) dt \right] \sin \left[\varphi_0 + \int_{t_0}^{t_1} v^3(t) dt \right]. \end{cases} \quad (5)$$

Решая эту систему с введением дополнительных обозначений получаем результирующие выражения:

$$\begin{cases} t_1^1 = \gamma^1 - k^1 c \operatorname{tg} \mu; \\ t_1^2 = \frac{k^2}{\sin \mu} - \gamma^2; \\ t_1^3 = \frac{\mu - \delta^3}{c^3}. \end{cases} \quad (6)$$

при ограничениях:

$$\begin{cases} 0 \leq \delta^1 + c^1 t_1^1 \leq a, \\ 0 \leq \delta^2 + c^2 t_1^2 \leq b, \\ 0 < \mu < \pi. \end{cases} \quad (7)$$

Решение по оптимизации сводится к методу перебора частных решений системы уравнений (6) при ограничениях (7), а именно, для всех сочетаний различных по знаку скоростей при значениях μ от 0 до π с определенным шагом Δ вычисляются параметры t_1^1, t_1^2, t_1^3 , находятся максимальные из них $M(\mu)$, а затем из полученных значений $M(\mu)$ определяются минимальные по μ , т.е. решение представляется как $\min_{\mu} \max t_1^i(\mu); \quad \mu \in (0, \pi); \quad i = 1, 2, 3.$

Ввиду сложности решения такой задачи обычными вычислительными средствами, разработан алгоритм ее решения на ЭВМ, кото-

рый может быть использован для электронных управляющих устройств при автоматическом управлении кранами.

Анализом установлено, что для реализации автоматического управления кранами и соответственно оптимального перемещения грузов в условиях нижних лесных складов необходимо выполнение следующих требований:

- точной и четкой координатной разбивки зоны работы кранов;
- пакетного способа переработки лесоматериалов;
- наличия электроприводов, обеспечивающих высокую точность остановки крановых механизмов;
- совершенных механизированных грузозахватных приспособлений для работы с пакетами лесоматериалов.

Три последние требования пока не решены на нижних складах в необходимой мере, поэтому реально доступным на данном этапе является уровень полуавтоматического управления с элементами программирования или дистанционно-программное управление.

Исследования по оптимальной организации работы кранов при ГДПУ выполнены на основе метода имитационного моделирования. Цель такого исследования - построение с помощью ЭВМ оптимальных циклограмм работы кранов в группе, исключающих фазы наложений в управлении, которые могли бы приводить к увеличению продолжительностей рабочих циклов кранов.

Блок-схема моделирующего алгоритма по оптимальной организации работы для двух кранов при групповом управлении составлена в соответствии с требованиями имитационного моделирования из элементарных операторов: вычислительных и логических (рис.3). Вычислительные операторы изображены прямоугольниками, а логические - овалами.

В блок-схеме приняты следующие обозначения:

- t - текущее время;
- Δt - шаг моделирования;
- t_k - время при очередном шаге;
- T - продолжительность моделирования;
- $t_{ож}$ - текущее время ожидания;
- $t_{св}$ - момент времени освобождения канала;
- t^N - начало обслуживания заявки;
- t^M - время при очередном шаге дополнительного подалгоритма;
- t^4 - время окончания цикла;
- t_2 - время очередной циклограммы;
- t_{min} - время оптимальной циклограммы;

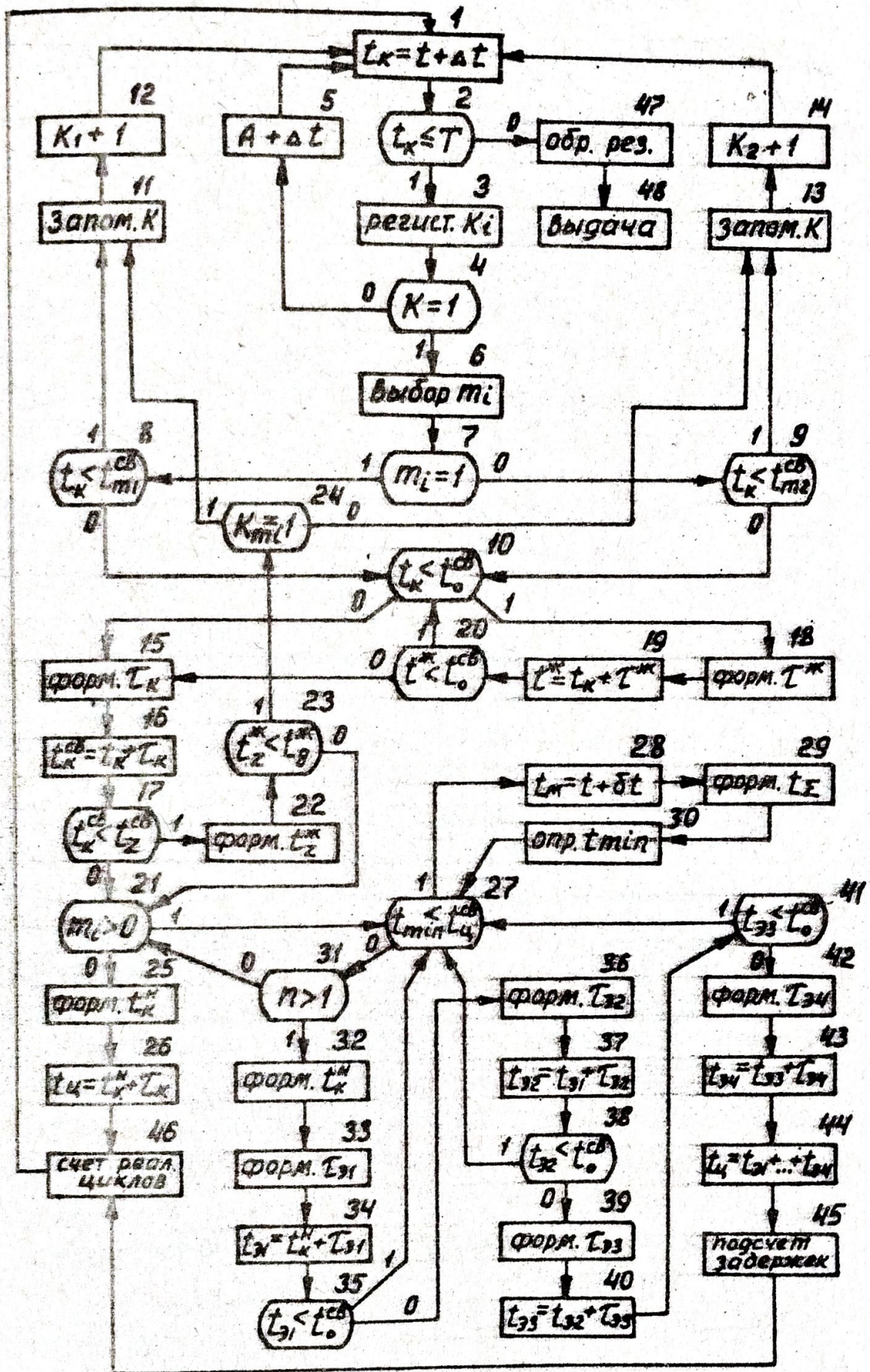


Рис. 3. Блок-схема моделирующего алгоритма для исследования работы кранов на штабелевке и погрузке лесоматериалов при групповом управлении

- δt - шаг моделирования дополнительного подалгоритма;
 τ^* - продолжительность ожидания;
 τ_3 - продолжительность обслуживания элемента цикла;
 τ_k - продолжительность обслуживания заявки (цикла);
 A - промежуток времени между поступлениями заявок;
 K - очередная заявка;
 M_i - обслуживающий аппарат (кран);
 R - канал обслуживания заявки.

Основную роль в алгоритме выполняют логические операторы, направляющие ход всего решения, а вычислительные операторы являются вспомогательными, выдающими частные решения. На основании блок-схемы поясним работу алгоритма. Поступившая на обслуживание заявка (необходимое перемещение пачки лесоматериалов краном) последовательно проверяется логическими операторами: P_2 - не истекло ли их рабочее время; P_4 - нет ли других более срочных заявок по приоритетности; P_7 - какому крану заявка предназначена; P_8 и P_9 - свободен ли нужный кран; P_{10} - свободен ли крановщик-оператор; P_{17} - не заняты ли координаты, на которых необходимо работать, другим краном; P_{21} - находится ли в работе второй кран; P_{23} - целесообразно ли ожидание освобождения координат для работы. Оператор P_{27} , основной в алгоритме, проверяет и оптимально направляет ход решения по нужному каналу, а операторы P_{21} , P_{25} , P_{28} и P_{41} проверяют условия оптимального построения циклограмм.

Разработанный по методу имитационного моделирования алгоритм в сочетании с натурным экспериментом по регистрации продолжительностей рабочих циклов кранов представляет наиболее близкую модель реального процесса, удобен и прост в реализации исследований.

Исследования и обоснования по технической реализации системы ГДПУ кранами.

Эта глава диссертации посвящена одной из задач исследований - реализации работоспособной и надежной технической системы, обеспечивающей возможность группового дистанционно-программного управления консольно-козловыми и башенными кранами при штабелевке и погрузке круглых лесоматериалов на нижнем лесном складе. В разделах главы рассмотрены вопросы технического оснащения, структурного обоснования и построения, выбора аппаратуры,

схемных решений и привязок, размещения аппаратуры на кранах и в зонах их работы; исследования и обоснования по применению промышленной телеустановки в системе ГДПУ кранами.

Исходя из уровня технического оснащения нижних складов, предусмотрены варианты реализации системы ГДПУ кранами со стропами и грейферами.

Структурное построение системы дистанционно-программного управления кранами ККС-10 и БКСМ-14ПМ представлено на рис. 4. Оператор (0) управляет каждым из кранов с помощью органов управления (1) на пульте управления. Все крановые электроприводы при дистанционно-программном управлении работают по замкнутой системе с дискретным слежением. Заданные оператором программные команды поступают в блоки памяти (3,4) и далее к блокам обработки команд (6,7) и магнитным контроллерам (9,10), которые включают крановые электродвигатели (12,13). Программная обработка команд возлагается на путевые датчики (15,16,17). Оператор контролирует выполнение программы с помощью сигнализации на индикационном поле (2) пульта управления. При выполнении дистанционно-дovодочных операций по управлению кранами команды к исполнительным механизмам поступают, минуя блоки памяти, т.е. по разомкнутому каналу.

Для связи оператора со стропальщиками служат портативные рации (19,20,21). Дистанционное управление грейферами (22) осуществляется с помощью телевизионной установки ПТУ-28 с телекамерами (23,24), пультом управления (25) и телевизионным приемником (26). Здесь впервые реализовано использование серийной промышленной телеустановки по разомкнутому типу для передачи видеoinформации с подвижного объекта.

Каждый из кранов и отдельные электроприводы управляются по независимым каналам, что позволяет оптимально организовать их работу при групповом управлении.

Один из разделов главы занимают исследования по проверке эксплуатационной надежности системы. Расчетами установлено, что наработка на отказ электрической схемы системы на стандартных электротехнических элементах составляет $T_{ср} = 173,61$ часа. Проверены на работоспособность и надежность методами натуральных наблюдений и экспериментов основные нестандартные узлы системы. Общее количество часов работы системы на I.I.79г. составило не менее 2500.

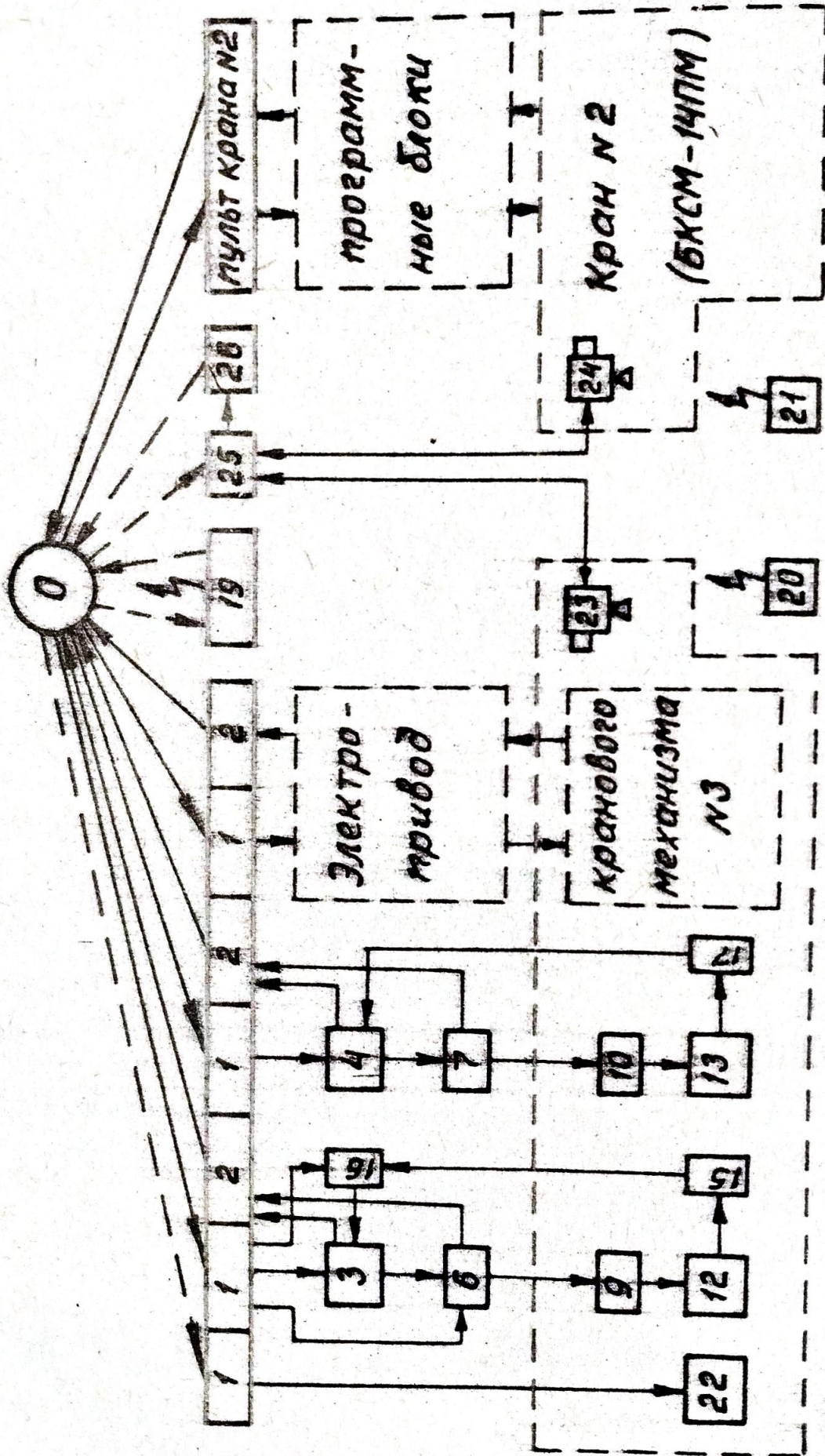


Рис. 4. Структурная схема ГДПУ двумя крановыми установками

Исследование работы кранов при групповом управлении на штабелевке и погрузке круглых лесоматериалов в производственных условиях.

В главе поставлена следующая программа исследований:

- исследование точности автоматической остановки крановых механизмов в программно-заданных точках, определение необходимых доводочных расстояний и времени на их выполнение;
- исследование технологических вариантов работы кранов при групповом управлении с определением продолжительности рабочих циклов кранов в этих вариантах;
- исследование по определению количества кранов в группе, исходя из технических возможностей системы.

Основной метод исследования - натуральный эксперимент. Обработка статистических данных и расчет статистических показателей выполнены по методике проф. Леонтьева Н.Л.

По результатам точности остановки крановые механизмы располагаются в следующей последовательности: механизм подъема - наиболее точный останов, грузовая каретка (тележка), механизм передвижения крана и поворот стрелы. Путем подбора расстояний между путевыми датчиками механизмов передвижений кранов получена точность их остановки ± 25 см, что является удовлетворительным в работе и исключает доводочные операции для этого механизма. Исследованиями установлено, что доводочные операции необходимы: для привода поворота стрелы - из-за низкой точности его остановки, а для приводов механизмов подъема и передвижения грузовой каретки (тележки) - из-за невозможности выполнения точной координатной разбивки по путям их перемещений. Также установлено, что время на выполнение доводочных операций для всех названных электроприводов крановых механизмов линейно зависит от расстояния доводки.

Продолжительность рабочего цикла крана - основной фактор, отражающий производительность крановых установок. Средняя продолжительность цикла во всех вариантах системы ГДПУ кранами по данным хронометражных наблюдений уменьшилась по сравнению с базовым вариантом - обычным управлением кранами со стропами:

в варианте работы кранов со стропами - на 10-14 %;

в варианте с грейферами - на 25-27 %;

в варианте с грейферами и телеустановкой - на 36-39 %.

При работе кранов со стропами по системе ГДПУ уменьшение времени рабочего цикла достигнуто за счет автоматизации и оп-

тимизации процессе управления крановыми механизмами. В вариантах с грейферами время цикла дополнительно уменьшается за счет сокращения времени на набор и укладку пачек сортиментов.

На основании результатов по времени на выполнение доводочных операций и по продолжительностям рабочих циклов в вариантах работы кранов при групповом управлении получено аналитическое выражение и построены графики (рис. 5) для определения количества кранов в группе, исходя из технических возможностей системы:

$$n = \frac{t_{ц0} - (t_n + t_g)}{K_n(t_n + t_g)}, \quad (8)$$

где n - количество кранов в группе;

t_n - время, необходимое оператору для дистанционно-программного управления;

t_g - время, необходимое оператору для дистанционного управления и доводочных операций;

K_n - коэффициент несогласованности.

Основное ограничивающее условие: рабочие циклы кранов при групповом управлении $t_{цг}$ не должны превышать по продолжительности аналогичные циклы при индивидуальном управлении кранами $t_{ц0}$:

$$t_{цг} \leq t_{ц0}. \quad (9)$$

Расчетное количество кранов в группе для варианта со стропами - четыре, а в вариантах с грейферами - не более двух.

Эргономические исследования по системе ГДПУ кранами при штабелевке и погрузке лесоматериалов.

Исходя из системного подхода в исследованиях, эргономические исследования наряду с технологическими являются необходимыми для более объективной оценки эргатической системы - системы ГДПУ кранами, в которой человек-оператор выступает как главное функциональное звено, выполняющее функции по заданию программы, дистанционному управлению и контролю за работой кранов и за технологическим процессом. Эргономические исследования включают вопросы операционной загруженности человека-оператора, напряженности труда оператора в сравнительной оценке с трудом крановщика, а также исследования по определению числа кранов в группе, исходя из функционально-физиологических возможностей человека-оператора.

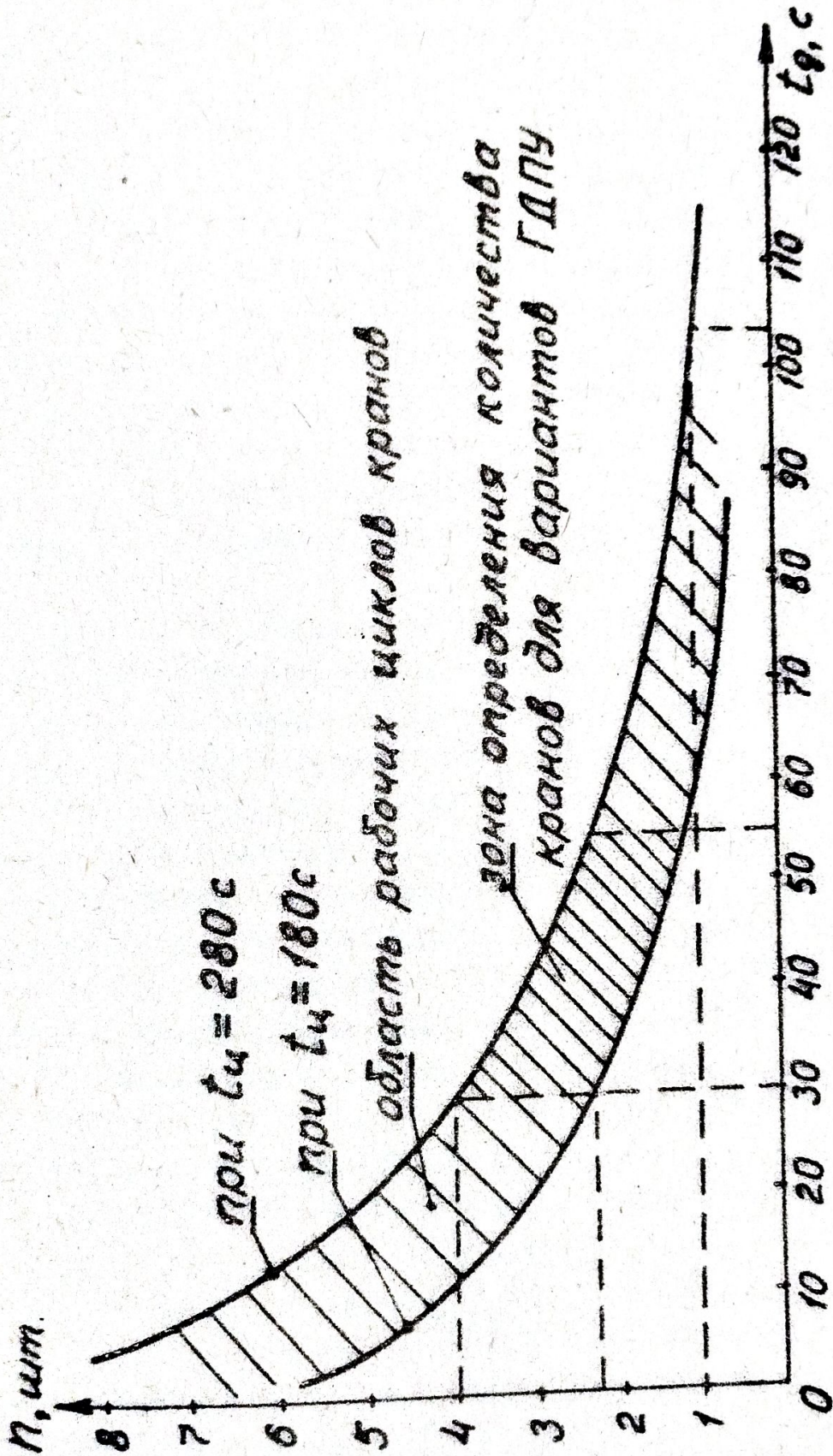


Рис. 5. Графики для определения количества кранов в группе, исходя из технических возможностей системы ГДПУ

Для исследований операционной загруженности крановщиков и операторов использованы показатели натурального эксперимента: количество включений, время, необходимое непосредственно на операции включения и время активного участия в управлении в течение рабочего цикла. Обработка статистических данных выполнена по методике проф. Леонтьева Н.Л.

В варианте работы кранов со стропами при групповом управлении все показатели операционной загруженности лучше, а в вариантах с грейферами примерно совпадают с аналогичными при обычном управлении кранами со стропами. Все же, учитывая, что труд операторов и крановщиков не равноценен, эти показатели не могут служить строгой оценкой их труда.

Более объективную оценку в данном случае дают показатели функционально-физиологического состояния оператора (крановщика), отражающие степень воздействия трудового процесса на организм человека. В качестве наиболее достоверных и доступных для регистрации выбраны показатели сердечного ритма. Разработана методика и аппаратное обеспечение для снятия электрокардиограмм и обработки ЭКГ - информации.

Для оценки общей нагрузки на организм человека в процессе работы использована методика доктора мед. наук Розенблата В.В. по показателям пульсометрии, позволяющая оценить как интенсивность, так и объем нагрузки. Однако параметры сердечного ритма характеризуют процесс лишь со стороны физической тяжести и малопоказательны, что подтверждается результатами исследований, в отношении нервно-эмоциональной напряженности труда, которая свойственна работе крановщиков и операторов. Поэтому, подвергая сердечный ритм более глубокому математическому анализу посредством гистографического метода, предложенного доктором мед. наук Баевским Р.М., и автокорреляционного метода, можно получить максимум информации по оценке напряженности труда.

На основе гистографического метода определен один из основных показателей напряженности труда - индекс напряжения:

$$ИИ = \frac{AM_0(\%)}{2M_0 \Delta X(C)} \quad (10)$$

где $AM_0(\%)$ - амплитуда модального значения в процентах;
 M_0 - модальное значение плотности функции распределения кардиоинтервалов $R-R$ в сек;
 $\Delta X(C)$ - вариационный размах гистограммы.

Еще более глубокое исследование сердечного ритма по его ди-

намике и внутренним взаимосвязям с помощью автокорреляционного анализа может дать более полную оценку напряженности труда. Алгоритм корреляционного преобразования представляется математическим выражением;

$$R(s\Delta t_0) = \frac{1}{N-s} \sum_{l=0}^{N-s} x(l\Delta t_0) x(l\Delta t_0 - s\Delta t_0), \quad (II)$$

где N - объем выборки;

s - текущий номер сдвига;

Δt_0 - шаг сдвига, равный среднему значению сердечного цикла;

l - текущий номер ординаты;

$x(\dots)$ - коррелируемые величины.

Отметим, что корреляционный анализ в нашем случае для сравнительной оценки труда крановщиков и операторов оказался по результатам исследований малоинформативным и основная роль в этой оценке отведена индексу напряжения.

Усредненная динамика индекса напряжения (ИН) представлена на рис. 6.

Во всех вариантах группового управления ИН ниже, чем при обычном управлении кранами со стропами. Наибольших значений ИН достигает у крановщиков на кране ККС-10 - до 600 единиц, несколько ниже на кране БКСМ-14Ш, при монотонном его нарастании. У операторов ИН довольно резко поднимается в первый же час работы, свидетельствуя о периоде вработывания, или адаптации человека-оператора в системе. Наименьший индекс напряжения отмечается при ГДПУ кранами со стропами. Телевизионная установка способствует значительному снижению ИН при работе кранов с грейферами.

Для определения числа кранов в группе, исходя из функционально-физиологического состояния человека-оператора во время процесса управления применена аппаратурная методика, основанная на принципе дополнительной загрузки оператора сенсомоторными функциями. Смысл такого метода заключается в том, что для управления кранами оператору требуется определенное время $t_{\text{треб}}$ а в то же время оператор располагает временем $t_{\text{расп}}$. В случае $t_{\text{расп}} \geq t_{\text{треб}}$ оператор находится в зоне так называемого, временного комфорта. При $t_{\text{расп}} < t_{\text{треб}}$ и чем выше соотношение $k = \frac{t_{\text{треб}}}{t_{\text{расп}}}$, тем более вероятна фаза срыва в управлении.

Дополнительная загрузка оператора выполняется с помощью

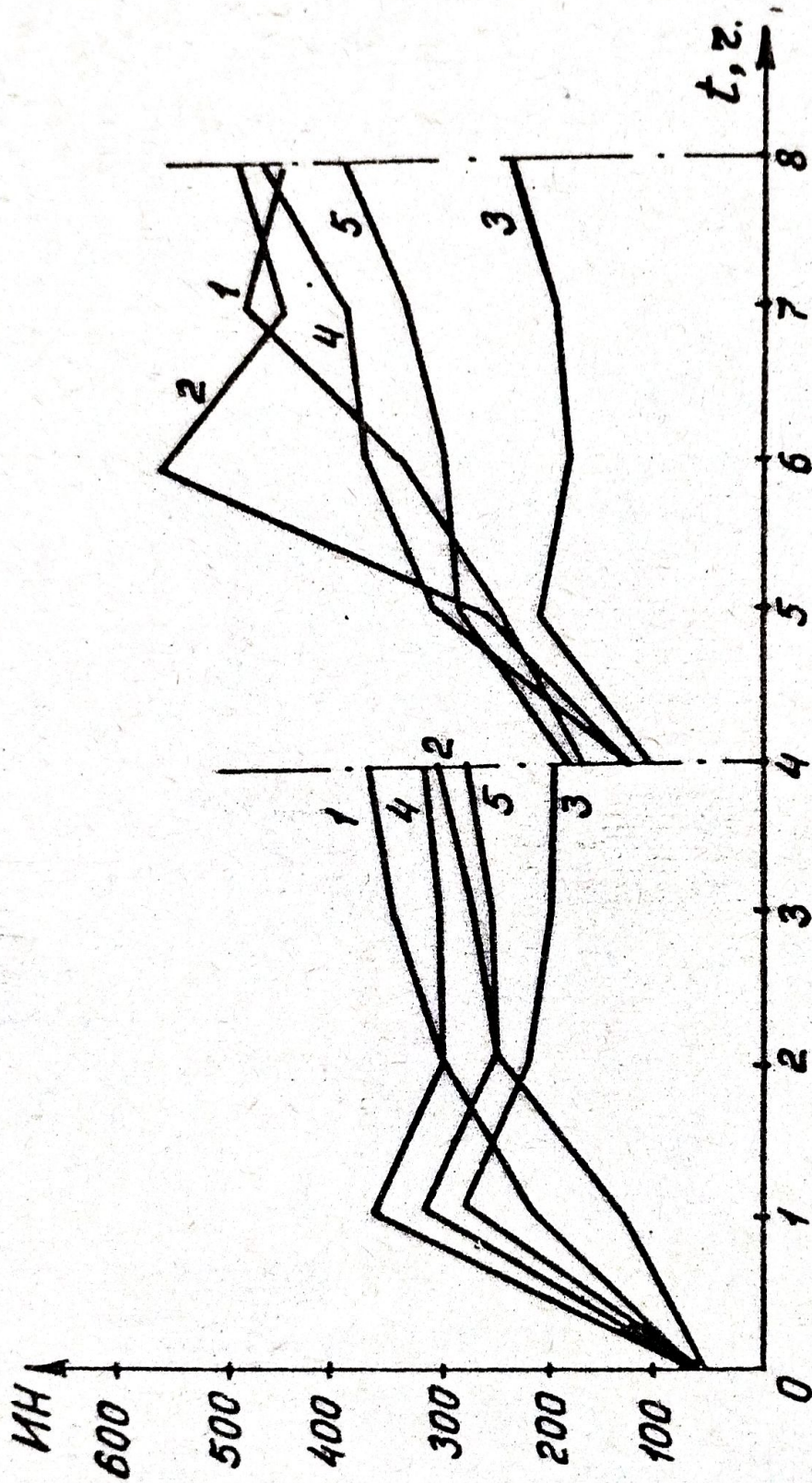


Рис. 6. Усредненная динамика индекса напряжения в течение рабочей смены:
 1-на кране БКСМ-14ПМ; 2-на кране ККС-10; 3-при ГДЛУ кранами со стропами;
 4-при ГДЛУ кранами с грейферами; 5-при ГДЛУ кранами с грейферами и ЛШ

вспомогательного имитационного пульта управления. Контроль за состоянием оператора велся по показателям сбоев и ошибок в управлении и по индексу напряжения.

Результаты эксперимента показали, что оператор способен управлять группой из трех кранов при работе их со стропными комплектами и не более чем двумя – при грейферном оснащении, в условиях стопроцентного выполнения плановых сменных заданий.

Экономическая эффективность работы кранов при групповом управлении в штабелевочно-погрузочном процессе.

Расчет экономической эффективности выполнен на стадии внедрения системы на нижнем складе по принятой типовой методике расчета для лесных отраслей промышленности. Основу методики расчета составляют показатели производительности труда и производственных затрат.

Базовым вариантом сравнения является краны со стропами при обычном управлении.

Годовой экономический эффект от внедрения системы ГДПУ кранами ККС-10 и БКСМ-14ПМ по вариантам составил:

со стропами – 13221 руб.; с грейферами – 39798 руб.; с грейферами и телеустановкой – 70119 руб.

ВЫВОДЫ

1. В основу диссертационной работы положена предпосылка о возможности работы консольно-козловых и башенных кранов-погрузчиков при групповом дистанционно-программном управлении, имеющая цель повышения производительности труда и качественно-го улучшения условий труда, в частности крановщиков, при выполнении штабелевочно-погрузочных работ на нижних лесных складах.

2. Исследовано и выполнено теоретически:

- аналитически решена задача оптимального по времени перемещения лесных грузов консольно-козловыми и башенными кранами-погрузчиками и разработан алгоритм этого решения для реализации на электронных вычислительных устройствах;

- на основе метода имитационного моделирования разработан алгоритм, позволяющий определять условия и оптимально строить циклограммы совместной работы кранов в группе при дистанционно-программном управлении.

3. Разработано и технически реализовано:

- обоснована и по условиям простоты и унификации построена

координатная модель зон штабелевочно-погрузочных работ с кранами ККС-10 и БКСМ-14ПМ для реализации дистанционно-программного управления;

- структурное построение системы выполнено с независимым управлением каждым из кранов и отдельными электроприводами, что позволяет осуществить оптимальную групповую работу кранов;

- техническая реализация системы ГДПУ кранами осуществлена в релейно-контакторном исполнении с проводным каналом связи на стандартных промышленных элементах и аппаратуре; это позволяет максимально использовать имеющееся крановое оборудование, сохранив все необходимые защиты и блокировки, упрощает схемное построение, реализацию и эксплуатацию системы.

4. Экспериментально исследовано, апробировано и установлено:

- работа кранов при ГДПУ апробирована в вариантах со стропными комплектами и грейферами;

- внедрение телевизионной установки в вариант работы кранов с грейферами позволяет дополнительно на 12-18 % повысить производительность крановых установок при дистанционно-программном управлении на штабелевке и погрузке круглых лесоматериалов;

- аппаратура и узлы системы, расположенные вне операторской, могут работать в тех же, что и краны, производственно-климатических условиях; система соответствует ее назначению и доступна для предприятий лесной промышленности, является законченным и проверенным на надежность образцом;

- перевод крановщиков из кабин кранов в стационарную операторскую с благоприятной производственно-климатической средой коренным образом меняют не только условия их труда, но и вид труда в его социальном аспекте;

- показатели операционной загруженности у операторов при ГДПУ двумя кранами со стропами значительно лучше, а в вариантах с грейферами не уступают аналогичным показателям у крановщиков; индекс напряжения - основной показатель напряженности труда, у оператора в варианте управления кранами со стропами уменьшается в среднем на 200-250 единиц, а в вариантах с грейферами - не менее чем на 100 единиц;

- по техническим возможностям системы и функционально-физиологическим возможностям человека-оператора число кранов в группе не должно превышать трех - в варианте со стропами и двух - в варианте с грейферами, при условии стопроцентной сменной загруженности кранов.

5. Экономическая эффективность подтверждена для всех вариантов работы кранов при групповом дистанционно-программном управлении, достигая по расчетам 70 тыс. рублей в год для группы из двух кранов в варианте с грейферами и телеустановкой. Этот вариант является наиболее совершенным и перспективным и имеет следующие дополнительные показатели эффективности: в смену сокращается 5 человек, что дает возможность высвободить по отрасли несколько тысяч рабочих; полностью механизуются штабелевочно-погрузочные работы и исключается травматизм на указанном участке нижнего склада.

6. Подтверждено и рекомендуется:

- внедрение способа работы кранов с ГДПУ способствует позитивному изменению условий и организации труда, а также содействует росту производительности труда при штабелевке и погрузке лесоматериалов; этот рост достигается сокращением числа рабочих, прежде всего крановщиков, и за счет более производительного использования кранов в рабочем процессе;

- проверен и подтвержден один из важных показателей системы - ее универсальность по применению в штабелевочно-погрузочном процессе на нижних складах с различным уровнем технического оснащения; система может быть рекомендована практически для всех стационарных электрических кранов, нашедших применение в штабелевочно-погрузочных процессах и для всех нижних складов нашей страны, где имеются такие краны;

- ГДПУ кранами и полученные результаты теоретических исследований по оптимальному перемещению грузов и организации групповой работы кранов открывают перспективы дальнейшей автоматизации штабелевочно-погрузочного процесса, условия которой также определены в данной работе, и созданию автоматизированных нижних лесных складов.

Система ГДПУ кранами внедрена в 1977 году на нижнем складе Горячеключевского лесокombината.

Основные положения диссертации изложены в опубликованных работах:

1. Привязка схем дистанционно-программного управления к электрооборудованию кранов. "Механизация и автоматизация производства", 1976, № II, с. 51-52. Сопавторы Карлеченко А.А., Макеев В.Н.

2. Дистанционно-программное управление кранами различного типа. В "Сб. статей по итогам договорных НИР за 1973-1975 гг.", М., "Лесная промышленность", 1977, с. 56-165. Сопавтор Макеев В.Н.

3. Дистанционное управление кранами на нижнем складе. "Лесная промышленность", 1977, № 8, с. 21-22. Соавторы Кузьмин Е.И., Макеев В.Н.
4. Дистанционно-программное управление кранами с применением счетных устройств на логических элементах. "Механизация и автоматизация производства", 1977, № 12, с. 32-33. Соавтор Макеев В.Н.
5. Групповое дистанционно-программное управление разнотипными кранами. В сб. "Охрана труда в лесном хозяйстве, лесной и деревообрабатывающей промышленности", Воронеж, ВГУ, 1978, с. 53-61. Соавтор Макеев В.Н.
6. Управление кранами с применением телевизионной установки. "Механизация и автоматизация производства", 1978, № 6, с. 3-4. Соавтор Макеев В.Н.
7. Оператор в системе группового управления кранами. "Лесная промышленность", 1979, № 7, с. 23-24. Соавторы Ефанова Р.А., Макеев В.Н.
8. Результаты опытно-производственной эксплуатации системы ГДПУ кранами различного типа на штабелечочно-погрузочных работах. В "Сб. статей по итогам договорных НИР за 1976-1977 гг." М., "Лесная промышленность", 1979, с. 51-58. Соавторы Макеев В.Н., Макеева Л.В.
9. Автоматизированное управление кранами с датчиками слежения. "Механизация и автоматизация производства", 1980, № 1, с. 3. Соавтор Макеев В.Н.
10. К вопросу оптимизации перемещения лесных грузов башенными кранами. ЦНИИМЭ. Химки. 1979. 6 с., ил. Деп. ВИНТИ 18.09.1979, № 482ц.

ЛБ 05318 Подписано в печать 25/3-80г. Формат бумаги 60x84 1/16. Объем 1,5 печ. листа. Зак. 1100ф. Тираж 100 экз.

Воронежская типография "Транспорт" Управления
издательств, полиграфии и книжной торговли.