

**ПРИМЕР РАСЧЕТА ДЛЯ КОМПЛЕКСА
НА 12 ТЫСЯЧ ГОЛОВ ОТКОРМА В ГОД:**

**КОЛИЧЕСТВО ГРУПП СВИНОМАТОК
1 ПЕРИОДА СУПОРОСНОСТИ**
 $E = 36 / 6 = 6.$

**СРЕДНЕГОДОВОЕ ПОГОЛОВЬЕ
СВИНОМАТОК 1 ПЕРИОДА
СУПОРОСНОСТИ**
 $C = 6 \times 32 = 192.$

**КОЛИЧЕСТВО ГРУПП ПОРОСЯТ-
СОСУНОВ**
 $E = 30 / 6 = 5.$

**СРЕДНЕГОДОВОЕ ПОГОЛОВЬЕ
ПОРОСЯТ-СОСУНОВ**
 $C = 5 \times 220 = 1100.$

**КОЛИЧЕСТВО ГРУПП ОТКОРМОЧНО-
ГО ПОГОЛОВЬЯ**
 $E = 114 / 6 = 19.$

**СРЕДНЕГОДОВОЕ ПОГОЛОВЬЕ НА
ОТКОРМЕ**
 $C = 19 \times 220 = 3838.$

ЛИТЕРАТУРА

Справочник. Нормативы трудовых и материальных затрат для ведения сельскохозяйственного производства. Минсельхозпрод Беларуси. Мн.: 2002 г.

ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТЫ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМОВ

**А.И. ФЕДОРЧУК, к. т. н., профессор;
О.Е. ЛИШИК, инженер (БГАТУ)**

Для обеспечения безопасности эксплуатации грузоподъемные механизмы (ГПМ) имеют в своем составе следующие приборы безопасности:

1. Указатели грузоподъемности.
2. Указатели наклона.
3. Ограничители высоты подъема крюка.
4. Ограничители вылета стрелы.
5. Ограничители грузоподъемности (ОГП).

Даже оснащенные такими приборами ГПМ являются источником аварийных ситуаций. Например, в СУ-184 стройтреста №2 в городе Пинске произошел несчастный случай со смертельным исходом с рабочим строительного управления. Причинами аварии явились: неправильная установка крана на площадке, с которой монтировались фундаментные блоки; неисправность релейного блока ограничителя нагрузки типа ОНК-М; несоответствие разрывных усилий каната требованиям Правил по кранам и данным паспорта. Несчастный случай произошел со стропальщиком ПМК-71 ПСО «Водпромстрой» Минсельхозпрода Республики Беларусь на строитель-

стве водоотводного канала в дер. Амговичи при монтаже непроектной железобетонной плиты весом 2,25 тонны краном КС-4561А. Здесь произошел разрыв стрелового расчального каната в результате перегруза крана из-за косога натяжения грузового каната и заземления плиты в грунте. Приборы безопасности в это время были заблокированы.

В г. Гомеле в ТСК АПСМО «Гомельпромстрой» произошел несчастный случай с машинистом мостового крана, где основной причиной аварии было то, что лицо, ответственное за безопасное производство работ, допустило эксплуатацию крана, несмотря на запрещение после проведения технического диагностирования.

Обобщающий анализ несчастных случаев и аварий при использовании грузоподъемных механизмов (ГПМ) показывает, что основными их причинами является низкий уровень организации безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов, а именно: ошибочное включение или неквалифицированное обслуживание ГПМ; чрезмерные инерционные нагрузки вследствие ошибок кранов-

щика или слабины канатов; наклонное положение крана или подъем груза при искривленном положении грузового каната, особенно в поперечном направлении стрелы; перегрузка и деформация деталей при передвижении и транспортном положении; несоблюдение сроков технического обслуживания; неудовлетворительный производственный контроль за безопасной эксплуатацией грузоподъемных кранов руководителями и специалистами предприятий; невыполнение обслуживающим персоналом требований инструкций по охране труда; неправильные действия пострадавших и крановщиков; допуск в эксплуатацию неисправного оборудования; неэффективность приборов безопасности.

Следует также учитывать, что экономические проблемы и высокая стоимость ГПМ привели к тому, что краны эксплуатируются более 15-20 лет, что значительно превосходит назначенный ресурс. Согласно Правилам устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов [1], необходимо их диагностирование методом неразрушающего контроля по силовому оборудова-

нию в нескольких точках. На наш взгляд, это является недостаточным, так как: исследование нескольких точек стрелы не дает полного представления о состоянии конструкции; стреловое оборудование не является единственным источником аварийных ситуаций; различные условия эксплуатации ГПМ в течение назначенного срока производят различное влияние на элементы конструкции; усталостные свойства металла невозможно определить до их проявления, что определяется функцией «время — нагрузка».

Следует также заметить, что, кроме основных силовых элементов ГПМ, отказ которых может проявиться порой через несколько лет эксплуатации, имеется быстро изнашивающийся элемент — это крановый канат, который является одним из факторов, приводящих к возникновению аварийных ситуаций, данные о сроках службы которых приведены в таблице 1.

Однако основной критерий долговечности крановых канатов — указанный срок службы также зависит от ряда переменных факторов, которые можно отнести к технологическим и эксплуатационным. Это качество проволоки, характер свивки, технология изготовления прядей и канатов, применяемые смазочные материалы, химико-термическая обработка проволоки и каната в целом, реальные эксплуатационные условия работы каната, воспринимающего статические, динамические, повторно-переменные растягивающие, изгибающие и контактные нагрузки, которые вызывают интенсивное изнаши-

Таблица 2

Номер цикла	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Нагрузка в цикле	H1	H5	H3	H10	H15	H2	H8	H20	H12	H14

вание наружного слоя проволок и их обрыв.

К эксплуатационным факторам, влияющим на долговечность канатов, также относятся соотношение диаметра барабана к диаметру каната, материал блоков, барабанов и других деталей канатно-блочной системы, профиль и размер канавок блоков, режим работы механизма подъема, окружающая среда, соблюдение правил навешивания каната, уход за ним.

Для изучения влияния вышеизложенных и других факторов на безопасность работы ГПМ и уменьшения аварийных ситуаций должно проводиться исследование его состояния в каждой конкретной точке нагрузочной характеристики с последующим суммированием результатов. Однако для практической работы, учитывая коэффициенты запаса прочности силовых элементов ГПМ, можно применить исследование в n -точках нагрузочной характеристики.

Предлагаемый принцип подхода к решению данной задачи изложим на примере. Имеется ГПМ с математической моделью, представленной формулой:

$$Y = X(H), \quad (1)$$

где Y — число допустимых циклов работы ГПМ при нагружении с усилием (массой H); $X(H)$ — функция, показывающая зависимость количества безопасных циклов работы от прила-

гаемой нагрузки.

Решим вышеприведенное уравнение для 10-ти точек с усилиями $H1 \dots H20$ и получим количество циклов безопасной работы $Y1 \dots Y20$. Предположим, что будет создано импульсное устройство — прибор, фиксирующий нагрузку. Тогда коэффициенты $Y1 \dots Y20$ вводим в память данного прибора для измерения нагрузочно-временных характеристик. К примеру: ГПМ совершил ряд циклов с нагрузкой, приведенной в таблице 2.

Количество импульсов, поступивших в счетное устройство прибора, будет равно:

$$N = H1 * K1 + H5 * K5 + H3 * K3 + H10 * K10 + H15 * K15 + H2 * K2 + H8 * K8 + H20 * K20 + H12 * K12 + H14 * K14, \quad (2)$$

где $K1-K15$ — коэффициенты, учитывающие время нахождения ГПМ под нагрузкой и переводящие число безопасных циклов работы ГПМ — Y при нагружении усилием H в число импульсов на вход суммирующего устройства.

Примерный график зависимости количества циклов идеальной модели ГПМ при нагружении с усилием H в расчетном диапазоне нагрузок представлен на рис 1.

Линейность прямой обусловлена тем, что любой механизм после периода приработки до расчетного срока эксплуатации при приложении допустимой нагрузки изнашивается равномерно. Это видно из классической кривой износа рис 2. [2]

Исходя из вышеприведенных рассуждений, можно выполнить результирующий график износа в виде зависимости количества импульсов, поступивших на вход счетного устройства прибора от времени работы ГПМ с различными нагрузками (рис.3).

Как видно из графика, с течением времени число импульсов на условном счетном устройстве растет и отражает нагрузку, которой подвер-

1. Нормативные сроки службы канатов ГПМ

Тип крана	Грузоподъемность крана, т	Срок службы каната мес.
Автомобильный К-67	6,3	8
Железнодорожный дизель-электрический	8	14
Гусеничный самоходный СКГ-160	5,5	10
Портальные:		
«Кировец», СНГ	10	6
«Ганц», Венгрия	5	7
«Каяр», Франция	5	10
«Абус», Германия	10	7

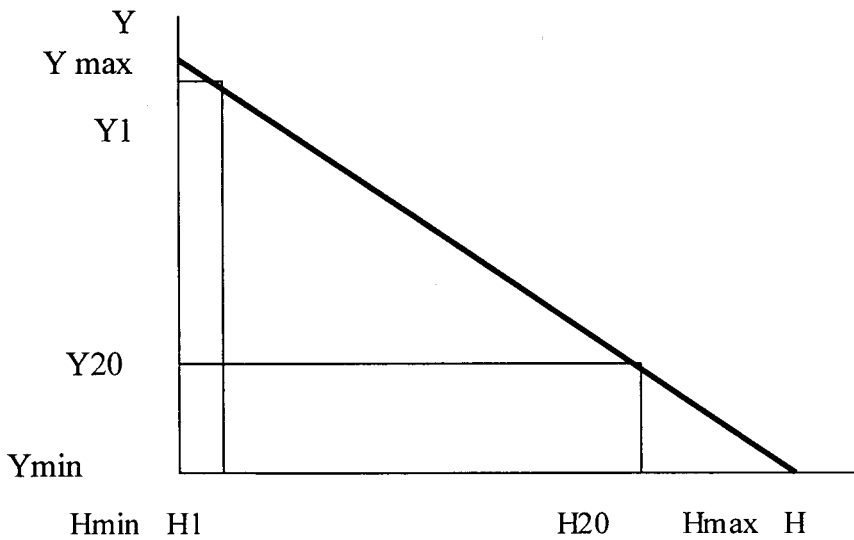


Рис. 1. Зависимость числа циклов работы ГПМ от нагрузки:

H_{min} и H_{max} — минимальная, обусловленная собственной массой ГПМ нагрузка и максимально допустимая для данного конкретного механизма; Y_{max} и Y_{min} — количество циклов безопасной работы ГПМ при нагружении с усилием H_{min} и H_{max} ; Y_1, Y_{20} — количество циклов безопасной работы ГПМ при приложении нагрузки H_1 и H_{20} .

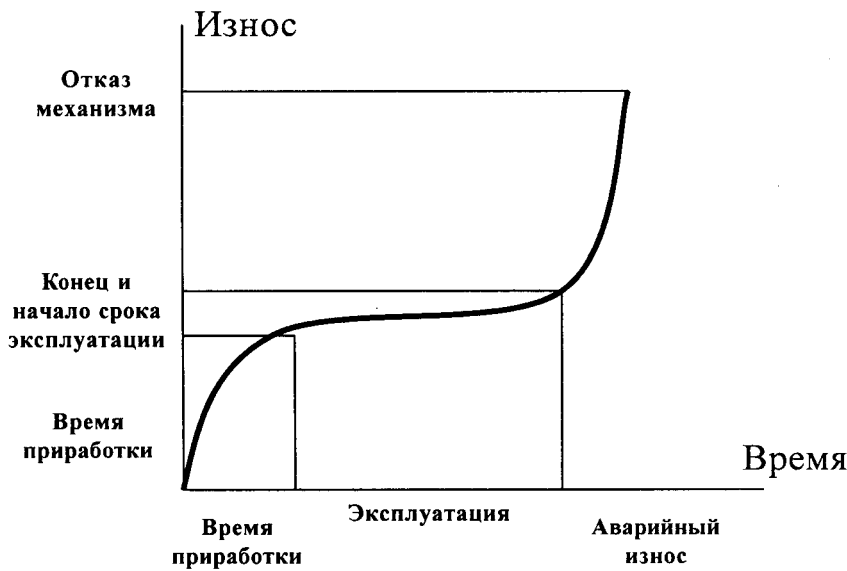


Рис. 2. Зависимость износа ГПМ от времени работы.

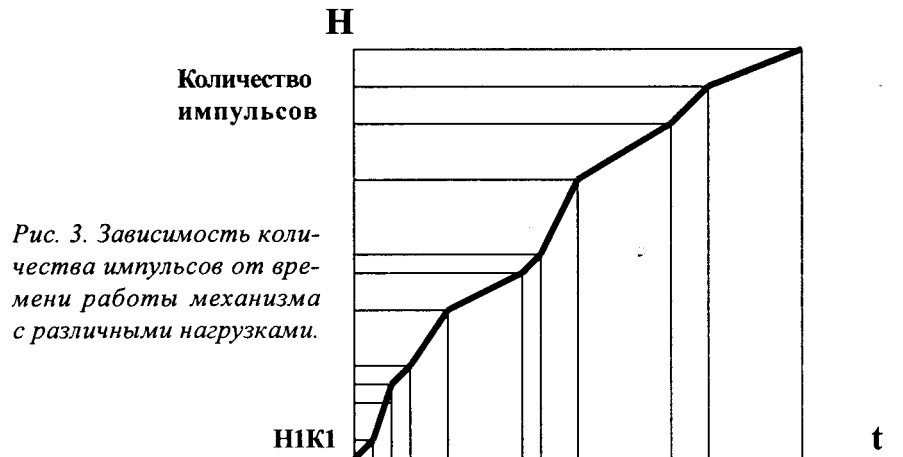


Рис. 3. Зависимость количества импульсов от времени работы механизма с различными нагрузками.

гся грузоподъемный механизм (ГПМ) в течение определенного времени, а число импульсов на конкретном участке прямо пропорционально нагрузке, приложенной к механизму. Даже нагрузка H_{1K1} , которая показывает начальное состояние механизма, имеет некоторое количество импульсов, так как ГПМ в ненагруженном состоянии имеет собственную массу и подвергается процессам старения и через определенное время не эксплуатирующийся объект теряет рабочие качества.

Для того чтобы вывести зависимость числа импульсов на входе счетного устройства от нагрузки, приложенной к механизму, требуется иметь расчет механизма на прочность и усталость. При этом расчете получаем количество безопасных циклов работы при допустимой нагрузке. Например, механизм может выполнить N циклов подъема груза массой H . Так как износ механизма прямо пропорционален нагрузке, приложенной к нему в расчетном диапазоне, то из этого следует, что груз массой $(H - H_1)$ механизм сможет поднять $(N + N_1)$ циклов, (где N_1 — добавочное число циклов из-за того, что поднимается груз массой ниже расчетной грузоподъемности на H_1)

Исходя из вышеприведенного, приближенное количество циклов работы ГПМ при нагрузке меньше расчетной на H_1 равно:

$$N_1 = H \cdot N / (H - H_1), \quad (3)$$

Можно заметить, что при H равном H_1 , число рабочих циклов возрастет до бесконечности, но реальный ГПМ имеет собственную массу и металл, из которого он изготовлен, подвержен старению, поэтому более справедливым будет следующее выражение:

$$N_1 = H \cdot N / (H - H_1 + H_0), \quad (4)$$

где H_0 — некоторый коэффициент, определяющий собственную массу и особенности конструкции данного механизма и условий эксплуатации, которые будут включать следующие факторы: температуру, при которой будет эксплуатироваться; ветровую нагрузку; мобильность (будут ГПМ эксплуатировать стационарно или часто переустанавливать механизм); климатические (в условиях морско-

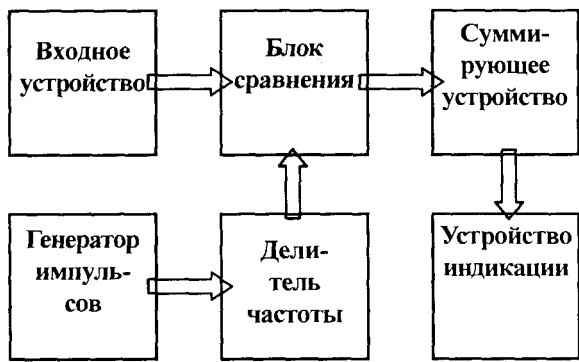


Рис. 4. Блок-схема прибора.

го климата более интенсивно происходит процесс коррозии). Отдельным пунктом следует учесть непредвиденные ситуации перегрузки механизма, а именно: отказ приборов безопасности; некавалифицированные действия крановщика; преднамеренная блокировка приборов безопасности; перегрузки при обрыве каната. Для случая перегрузки применять формулу 4 нельзя, так как она справедлива для расчетного участка кривой износа, а здесь мы имеем дело с аварийным участком износа, где могут происходить необратимые изменения конструкции в целом, поэтому в формуле 4 следует это учесть:

$$N1 = N * N / (N - N1 + N0) * K_{пр}, \quad (5)$$

где $K_{пр}$ — коэффициент перегрузки, показывающий, во сколько раз нагрузка на ГПМ превышает расчетную и грузоподъемный механизм (ГПМ) попадает на участок аварийного износа.

Учет импульсов на счетном устройстве следует вести лишь до того времени, пока нагрузка не будет превышать некоторую максимально допустимую, определяемую запасом прочности данного механизма или узла. При нагрузке, больше мак-

симально допустимой, без учета коэффициентов запаса прочности следуют необратимые последствия: пластическая деформация, трещины, повреждение каната и др. Для учета данных факторов в приборе должна предусматриваться при возникновении аварийной ситуации блокировка

работы грузоподъемного механизма (ГПМ) в целом и для дальнейшей эксплуатации необходимо будет провести внеплановое полное техническое освидетельствование ГПМ.

Для проверки вышеизложенных предположений в БГАТУ разработан лабораторный образец прибора для учета нагрузочно-временных характеристик ГПМ, блок-схема которого представлена на рис. 4. Данный прибор позволяет преобразовывать данные с датчика усилия крановых установок в нагрузочно-временную характеристику (тонна-час), которая, в свою очередь, будет связана с процентом износа крановой установки и вероятностью безопасной работы.

Входное устройство представляет собой устройство сопряжения между датчиком усилия крановой установки и прибором измерения нагрузочно-временных характеристик. Блок сравнения выдает разницу между входным сигналом и частотой импульсов генератора. Генератор импульсов выдает импульсы для работы блока сравнения. Делитель частоты преобразует импульсы генератора в необходимый диапазон частот для работы блока сравнения. Суммирующее устройство накапливает им-

пульсы, выходящие с блока сравнения. Устройство индикации отображает количество импульсов, поступивших с блока сравнения. Принцип формирования импульсов объясняет электрическая схема (рис. 5). Напряжение 0-9 Вольт с датчика усиления крановой установки поступает во входное устройство, где служит источником заряда RC-цепи, формирующей импульсы на блоке сравнения.

Формирование импульсов происходит следующим образом: входной сигнал с датчика усилия поступает на RC-цепь, состоящую из резистора R1 и конденсатора C. Здесь происходит временная задержка сигнала на время равное $t = R1 * C$, после чего происходит открывание логического элемента И2 и импульсы генератора поступают на выход логического элемента. Элемент И1 предназначен для формирования импульсов разряда конденсатора C.

Используя данный прибор, можно в любой момент времени иметь данные о накопленной нагрузке на данном грузоподъемном механизме (ГПМ), что позволит определить время до проведения технического обслуживания или ремонта механизма.

Вопросы, затронутые в данной статье, имеют немаловажное значение для народного хозяйства и до конца не изучены. Исследования в этой области следует направить на обеспечение безопасности работы ГПМ, а конструкторам следует внести изменения с целью более полного учета факторов, влияющих на безопасность эксплуатации крановых установок. Озабоченность данной проблемой в связи с ростом аварийности на ГПМ, выказывает также Проматомнадзор РБ (обращение в БГАТУ о проведении исследований от 18.04.2003г. № 15-3037 и от 1.07.2003г. № 15-2019).

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. — Минск: 1992.-302 с.
2. Александров М. П. Подъемно-транспортные машины. -5-е изд.-М.: Высшая школа, 1979.-558 с.

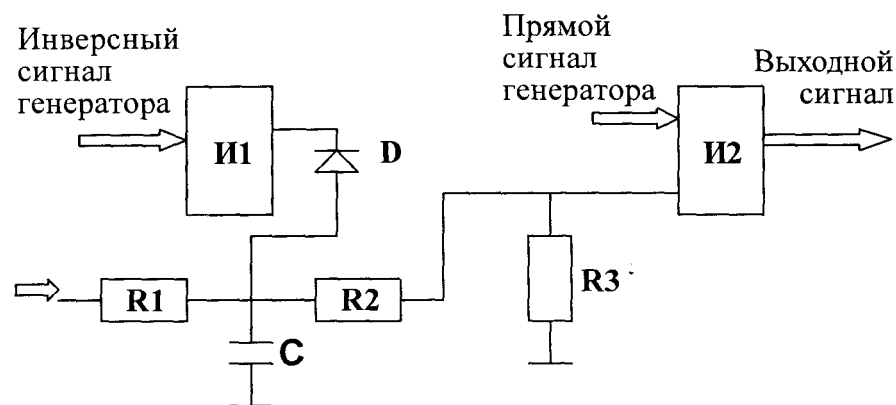


Рис. 5. Структурная электрическая схема прибора.