



## Development of a Model of the Automatic Safety Control System for Jib Cranes With the help of load limiters in the environment of the integrated Codesys program

*Safarov I. U., Kushakov M. M.*

*Senior Lecturer Samarkand State Institute of Architecture and Construction*

*Omonov M. B.*

*Lecturer of Samarkand State Institute of Architecture and Construction*

**Аннотация:** *The article describes the development of a model of an automatic safety control system for jib cranes using load limiters in the environment of the CodeSys integrated program.*

**Ключевые слова:** *crane, limiter, hydraulic cylinder, transducer, sensor, logic controller.*

**Введение.** В последние годы большое внимание уделяется автоматизации грузоподъемных машин, таких, как погрузчики, самоходные стреловые и башенные краны. Основным направлением автоматизации этих машин также является управление, безопасность, контроль и диагностика. Однако, в связи со спецификой использования, основную роль в работе грузоподъемных машин играет их безопасность.

Стреловые самоходные краны последних моделей имеют бортовые электронные системы, состоящие из микропроцессора, пульта управления и датчиков, установленных на базовой машине и на крановой установке. Одними из самых ответственных, сложных и дорогостоящих приборов безопасности автокранов являются ограничители грузоподъемности (нагрузки). Согласно правилам Госгортехнадзора Республики Узбекистан подъемные краны должны оснащаться ограничителями грузоподъемности, автоматически отключающими опасные движения (подъем груза, опускание стрелы), если вес груза или опрокидывающий момент превышают предельно допустимое значение на установленную величину (например для башенных и стреловых кранов - на 10%, для порталных – на 15% и.т.д). [167-168]

**Основная часть.** Актуальной задачей обеспечения безопасности грузоподъемных машин на сегодняшний день является использование ограничителя грузоподъемности с увеличенным объемом защитных характеристик, повышенной точностью и информативной способностью. Выполнение этих требований и их комплексная реализация оказываются возможными только с условием применения устройств на базе микропроцессорной техники. Самоходные стреловые краны, используемые на разнообразных строительных объектах, часто работают вблизи линий электропередачи (ЛЭП) что создает опасность поражения персонала и повреждения механизмов электрическим током. Поэтому на стрелах таких

кранов устанавливают специальный датчик (электромагнитную антенну), реагирующий на электромагнитное поле, возникающее вокруг ЛЭП. Датчик (ДПр) связан с измерительным блоком (ИБ) и микроконтроллером, который сигнализирует об опасном приближении к ЛЭП с напряжением 0,22. 750Кв в соответствии.

Условие безопасной работы (по устойчивости) для кранов с подъемной стрелой (рис.2) можно приближенно выразить через максимально допустимый грузовой момент  $M_{гр}$ , зависящий от массы груза  $Q$ , длины стрелы  $L$  и угла ее наклона  $\alpha_c$ :

$$M_{гр} = g Q L \cos \alpha_c \leq kM_{доп} \text{ или } Q \leq Q_{доп} = kM_{доп} / g Q L \cos \alpha_c$$

где  $g$ - ускорение свободного падения;  $Q_{доп}$ - допустимая величина массы груза (грузоподъемность);  $k$ - коэффициент, учитывающий допустимое превышение нагрузки (для башенных кранов  $k=1,1$ ; для порталных  $-1,15$ ). [169]

Из данного выражения видно, что грузоподъемность крана является переменной величиной и зависит от угла  $\alpha_c$  подъема стрелы и ее длины  $L$ ; чем больше  $\alpha_c$ , тем больше допустимая масса груза, и, наоборот, чем больше  $L$ , тем меньший груз может поднять кран.

На современных кранов с телескопическими стрелами устанавливают более сложные ограничители, контролируемые наряду с нагрузкой  $P$  и углом  $\alpha_c$  также длину стрелы  $L$  а в некоторых схемах – угол наклона платформы  $\alpha_n$ . Обработка информации от датчиков в таких ограничителях производится либо в аналоговой форме с помощью электронных схем (ограничители типа ОГП-1, ОНК-М и др.) либо в цифровом виде микропроцессорными устройствами. На рис.2. показана схема микропроцессорного ограничителя грузоподъемности. Датчик длины стрелы (ДД) выполнен в виде подпружиненного барабана, связанного тросом с головкой стрелы и приводящего во вращение многооборотный потенциометр, служащий выходным преобразователем сигнала. Датчики наклона стрелы ДУ и платформы ДП – маятниковые и также связаны с потенциометрическими преобразователями. Нагрузка на кран контролируется датчиком ДН по давлению жидкости в гидроцилиндре подъема стрелы. Возможен также дополнительный контроль устойчивости с помощью датчиков давления, установленных в гидроцилиндрах выносных опор (СД<sub>1</sub>,.....СД<sub>4</sub>), которые выдают сигнал при падении давления в опоре ниже минимального значения. Сигналы от датчиков ДУ, ДД, ДН, ДП и блока контроля состояния опор БКО через коммутатор и аналого-цифровой преобразователь АЦП подаются на микроконтроллер (ПЛК). В постоянной памяти ПЛК хранятся алгоритм управления (рис.3) и данные о защитных характеристиках крана ( $f_i(a_n L, a_n)$ ), которые для уменьшения объема вычислений и повышения быстродействия системы задают в численном виде по дискретным точкам. Задание режима работы крана и номера  $i$  соответствующей ему характеристики производится машинистом с пульта управления (ПУ).

Если нагрузка на гидроцилиндр подъема  $P$  окажется больше допустимой величины  $P_{доп}$ , вычисляемой МК в соответствии с защитной характеристикой, или появится сигнал перегрузки ( $S_1=1$ ) от блока контроля опор (БКО), то происходит отключение крана и включение сигнализации. БКО вырабатывает сигнал перегрузки  $S_1$  по сигналам датчиков СД<sub>1</sub>,.....СД<sub>4</sub>, если падает давление в любой паре опор одновременно. [170-173]

### Программа логического контроллера.

$S_1 = (СД_1 \wedge СД_2) \vee (СД_2 \wedge СД_3) \vee (СД_3 \wedge СД_4) \vee (СД_4 \wedge СД_1) \vee (СД_1 \wedge СД_3) \vee (СД_2 \wedge СД_4) \vee (DU \wedge DD) \wedge (DN \wedge DP)$ . Кроме того этой статье предусмотрен использование среда программирования CoDeSys. В качестве языка программирования данного ROU выбран Continuous Flow Chart (CFC) – язык непрерывной потоковой схемы и язык релейных

диаграмм LD, тип логического контроллера PLC150.R-L. Среда позволяет программировать и отлаживать программу (рис.1), и разработан система визуализации управления ограничителей грузоподъемности крана. [3]

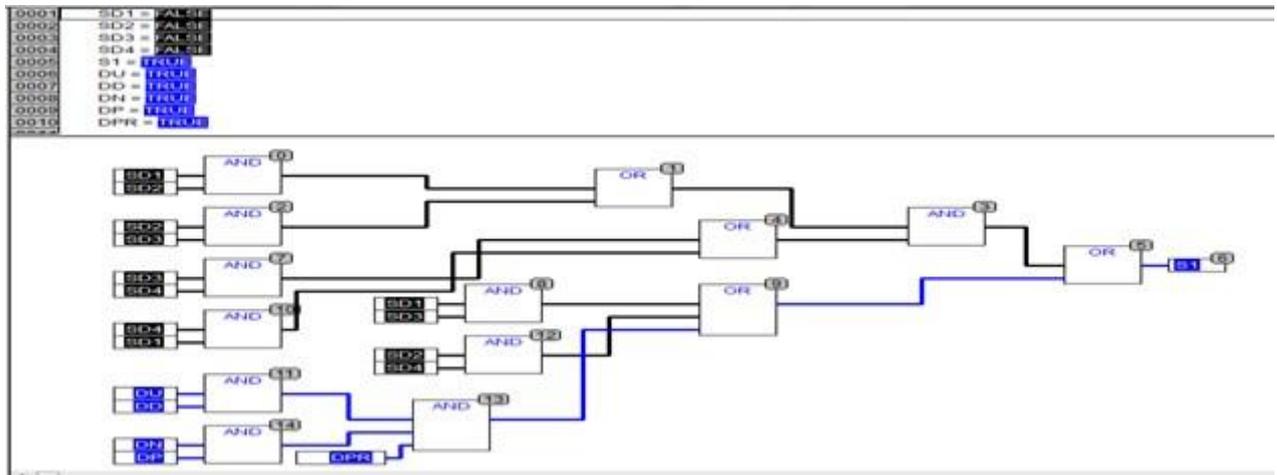
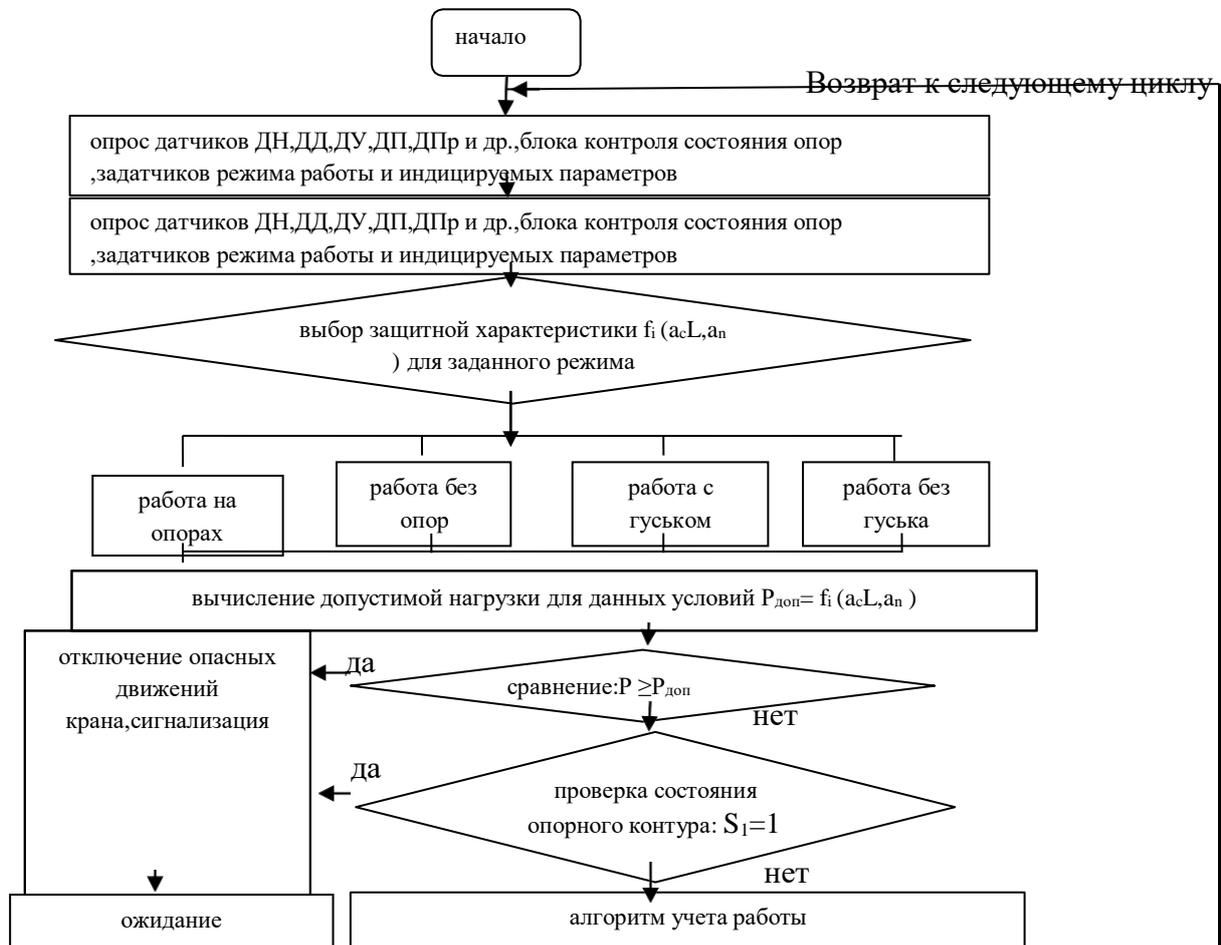


Рис.1 Общий вид CFC-блока логических переменных для ограничителей грузоподъемности.

Запуск программы осуществляется от датчиков давления, установленных в гидроцилиндрах выносных опор (СД<sub>1</sub>,.....СД<sub>4</sub>), а также при срабатывании сигнал перегрузки (S<sub>1</sub>=1) от блока контроля опор (БКО), а также сигналы от других датчиков. Таким образом, при попадании логической единицы на входах блоков AND, OR и после обработки всех сигналов на выходе появится управляющий сигнал S<sub>1</sub>=1 для системы управления кранов.



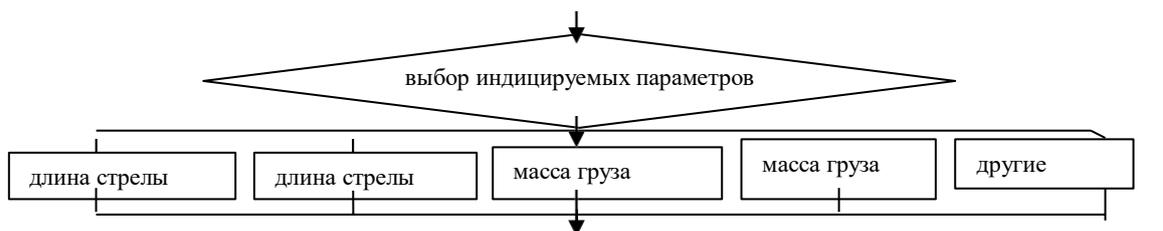


Рис.2 Алгоритм функционирования ограничителя грузоподъемности.

Ограничитель грузоподъемности автоматически выключает механизмы крана при превышении допустимой грузоподъемности. На автомобильных кранах применяют универсальные электромеханические ограничители. Универсальный электромеханический ограничитель ОГП основан на сравнении усилия, возникающего при подъеме груза в каком-либо элементе конструкции, с расчетным предельно допустимым усилием, возникающем в этом же элементе при подъеме груза, соответствующего безопасной работе крана: если первое превышает второе, то ограничитель срабатывает. Такие ограничители устанавливают на всех кранах с гибкой подвеской стрелы.

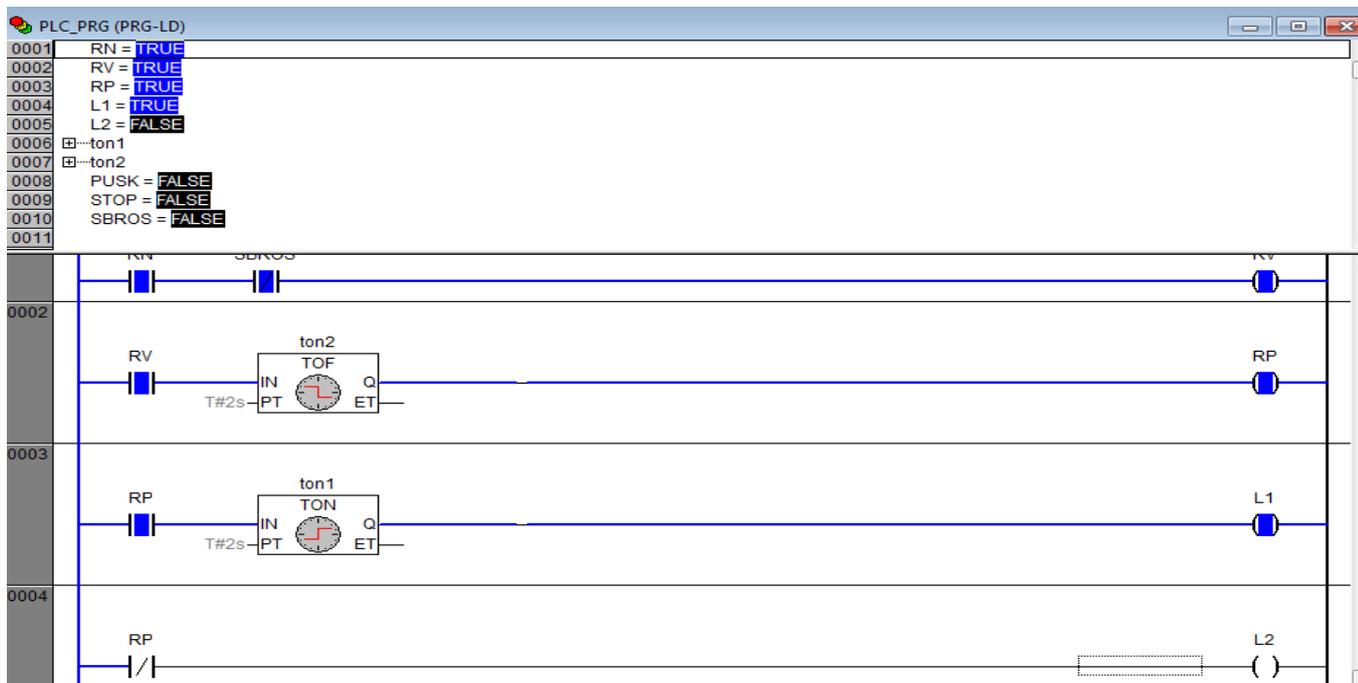


Рис. 2. Диаграмма ОГП на языке LD

В цепи схеме предусмотрено поляризованное промежуточное реле РП, которые срабатывающее при перегрузке крана. Для получения задержки времени на отключение и включение этого реле в схему ограничителя введены реле задержки времени РВ, которые защищают ограничитель от срабатывания при возникновении кратковременно действующих динамических нагрузок, которые не могут опрокинуть кран.

Для того, чтобы предотвратить ложные срабатывания автоматической защиты при кратковременных колебаниях нагрузки, например, при раскачивании груза и т.д. в схеме ОГП предусмотрен реле времени РВ, которое создает задержку сигнала на заданное время.

При возникновении перегрузки РП размыкает свой контакт в цепи реле времени РВ, которое, примерно через одну секунду, своим замедленным контактом выключает промежуточное реле РН, которое выключает грузоподъемные механизмы крана и включает рельсовые

захваты, жестко фиксирующие кран на рельсовых путях. Лампочки  $L_1$  и  $L_2$  сигнализируют о рабочем состоянии или наличии перегрузки. При уменьшении веса груза до нормального значения происходит срабатывание всех релейных элементов в обратном порядке к работа на кране может быть возобновлена.

**Заключение:** В статье предусмотрена разработка программы в среде CoDeSys работы системы безопасности, (на примере ограничителей грузоподъемности) для безаварийной работы крана в подъеме груза. Показано, что для предотвращения опрокидывания поднимающего крана на нем целесообразно установить ограничитель грузоподъемности и приборы, контролирующие безопасность работы крана. Разработанная методика моделирования устройства подъема крана позволила разработать программы на языке (CFC) – язык непрерывной потоковой схемы и язык релейных диаграмм LD в среде CoDeSys. Реализация системы безопасности разрабатываемой установки, визуализация, а также общий вид CFC блока программы и диаграмма ОПД на LD для программируемого логического контроллера была произведена при помощи программного комплекса CodeSys 2.3.

Предложенный вариант моделирование стрелового самоходного крана за счёт автоматического управления безопасностью работы крана позволяющие улучшать точность контроля и за счет этого повышать безопасность и грузоподъемность крана, а также улучшать информационное обеспечение машиниста.

#### **Список литературы:**

1. Левин Р.В. Автоматика и автоматизация в строительстве. Ташкент “Укитувчи” 1992.
2. И.В. Лазута Р.Ю. Сухарев Приборы и автоматизированные системы безопасности грузоподъемных машин и механизмов. Учебное пособие. (СибАДИ)» Омск 2019
3. Петров, И.В. Отладка прикладных ПЛК программ в CoDeSys (часть 3)
4. И.В. Петров, Р. Вагнер. - Промышленные АСУ и контроллеры. №4.2006.