

УДК 621.875.56

Нестеров А.А.

ООО «РЕМТЕХМОРПОРТ»

МЕТОДИКА ЗАМЕНЫ ШАРНИРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТРЕЛОВЫХ СИСТЕМ ПОРТАЛЬНЫХ КРАНОВ БЕЗ ДЕМОНТАЖА УЗЛОВ И СИСТЕМ

Аннотация. Предложены альтернативные варианты замены шарнирных соединений «Колонна – жесткая оттяжка», «Тяга коромысла – коромысло» и «Тяга коромысла – стрела» порталных кранов без демонтажа стреловой системы с локальной разгрузкой участков металлоконструкций. Приведен пример расчета компенсационных усилий, необходимых для обеспечения разгрузки узлов сочленения элементом металлоконструкции стреловой системы.

Анотація. Запропоновано альтернативні варіанти заміни шарнірних з'єднань «Колона – жорстка відтяжка», «Тяга коромисла – коромисло» і «Тяга коромисла - стріла» порталних кранів без демонтажу стрілової системи з локальним розвантаженням ділянок металокопструкцій. Наведено приклад розрахунку компенсаційних зусиль, необхідних для забезпечення розвантаження вузлів зчленування елементів металокопструкції стрілової системи.

Abstrakt. Werden Angeboten alternativen Varianten für den Ersatz das Drehgelenk "Senkrecht stehende Stütze - Starr Schnitt", "Zugstange Kipphebel - Kipphebel" und "Zugstange Kipphebel - der Ausleger" den Portaldrehkran ohne Demontage des Verstellsystem mit einer lokalen Entladung die Phasen den Metallkonstruktionen. Werden ein Beispiel angeführten für die Berechnung der kompensatorischen Anstrengung, die für den Entlade-Knoten Element der Artikulation Stahlbau des Verstellsystem.

Постановка проблемы. В морских портах эксплуатационный ресурс порталных кранов превышает нормативный срок эксплуатации в 3-4 раза. Более 60 % кранов парка порталных кранов Украины представлены немецкой краностроительной фирмой "Кранбау-Эберсвальде". Из них наиболее распространенные краны типа «Сокол», «Кондор», «Альбатрос» с шарнирно-сочлененной стреловой системой [1-3].

Затраты на ремонтные работы несущих элементов металлоконструкций превышают 50 % общих затрат на ремонты порталных кранов. Наиболее трудоемкими и дорогостоящими видами работ на порталных кранах являются ремонты и замена шарнирных соединений стреловых систем.

Традиционные методы замены шарнирных соединений стреловых систем, предложенные заводом изготовителем, предполагают демонтаж стреловой системы и выполнение ремонта на нулевой отметке [4-8]. Такой метод характеризуется высокой трудоёмкостью, стоимостью и продолжительностью. Обязательным условием при таком ремонте является наличие свободной площади на причале для демонтажа стреловой системы. При отсутствии такой площади кран на временных подкрановых путях перегоняют на свободный участок причала или склада, что требует дополнительных затрат и времени.

Целью настоящей статьи является разработка методики замены шарнирных соединений без демонтажа стреловой системы.

Изложение основного материала.

Вариант замены шарниров «Колонна – жесткая оттяжка» без демонтажа стреловой системы.

В связи с тем, что собственная масса элементов стреловой системы достигает 50 т и более, для проведения ремонта или замены шарниров необходимо обеспечить локальную разгрузку участков ремонтируемых металлоконструкций. Распределение нагрузок в системе осуществляют графо-аналитическим методом, для чего производят расчет нагрузок в области рассматриваемого шарнира от собственных масс элементов при положении стреловой системы в смазочном положении (рис. 1), где P_0 – сила тяжести жесткой оттяжки; $P_{\text{комп}}$ – сила, необходимая для компенсации нагрузки; H – плечо силы тяжести жесткой оттяжки относительно верхней точки вращения; L – длина жесткой оттяжки между центрами ее шарниров.

При установке стреловой системы в смазочное положение и фиксации колонны и стрелы, на шарнир «Колонна – жесткая оттяжка» действует только усилие P_0 от собственной массы жесткой оттяжки.

Расчетным путём определяют усилие $P_{\text{комп}}$, необходимое для компенсации силы тяжести жесткой оттяжки. В зависимости от места приложения и величины $P_{\text{комп}}$ определяется условие равновесия.

Разгрузка системы обеспечивается за счет установки балок коромысла подвижного противовеса на разгрузочную балку, которая устанавливается на кронштейны, расположенные на задней стенке колонны (рис. 5, 6). Вывод жесткой оттяжки может быть обеспечен за счет установки разгрузочных винтов по специальной технологии.

Для примера представим расчет компенсационного усилия $P_{\text{комп}}$ для портального крана «Альбатрос» (рис. 2). Усилие от силы тяжести P_0 жесткой оттяжки, имеющей длину $L=19,95$ м, составляет 3 т и направлено вертикально вниз. Траектория движения нижней точки

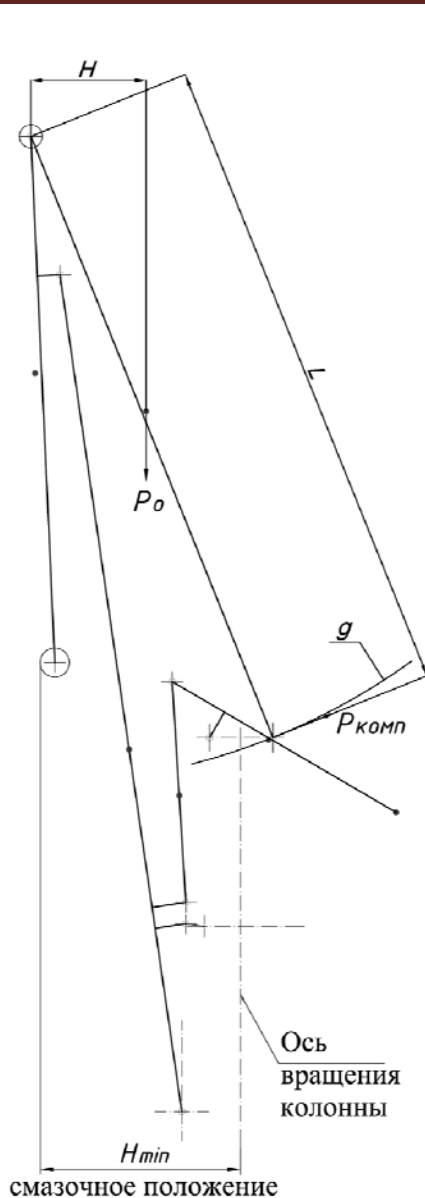


Рисунок 1 - Схема для расчета нагрузок, действующих на шарнир «Колонна – жесткая оттяжка».

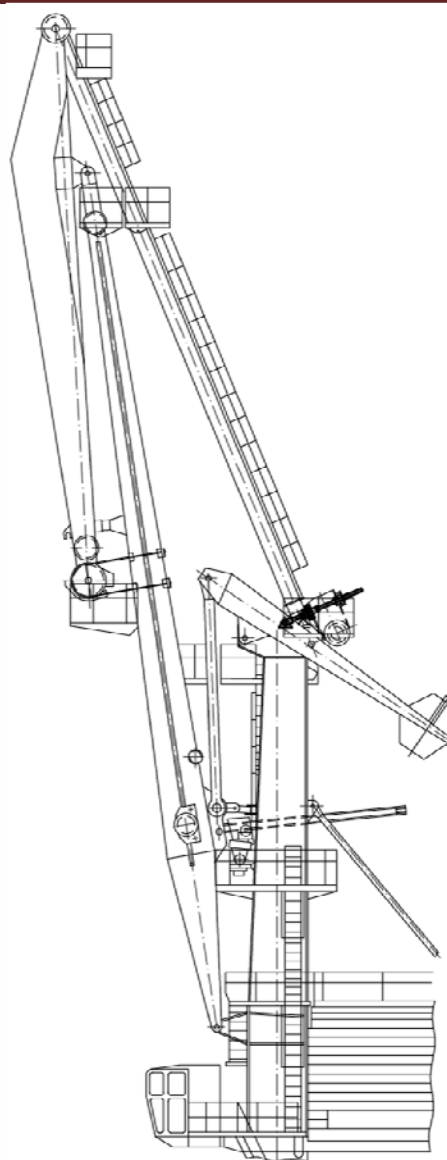


Рисунок 2 - Схема разгрузки шарнира «Колонна – жесткая оттяжка» с выводом жесткой оттяжки.

жесткой оттяжки при выводе будет проходить по дуге g , которая является частью окружности радиусом L с центром в верхнем шарнире жесткой оттяжки. Усилие $P_{комп}$ будет направлено по касательной к дуге g (рис.1).

Уравнение моментов относительно верхней точки жесткой оттяжки будет представлено в виде:

$$P_{\text{комп}} \cdot L - P_0 \cdot H = 0, \quad (1)$$

где H – плечо силы тяжести P_0 жесткой оттяжки относительно верхнего шарнира жесткой оттяжки; $H=3,54$ м

$$P_{\text{комп}} = \frac{P_0 \cdot H}{L} = 0$$

$$P_{\text{комп}} = 0,53 \text{ т}$$

Вариант замены шарниров «Тяга коромысла – коромысло» и «Тяга коромысла – стрела» без демонтажа стреловой системы.

Указанные выше шарниры являются наиболее труднодоступными при проведении диагностики и определения степени износа, вследствие того, что при любом положении стреловой системы они всегда находятся под нагрузкой от подвижного противовеса.

В связи с этим износ этих шарниров происходит гораздо интенсивнее других шарниров стреловой системы.

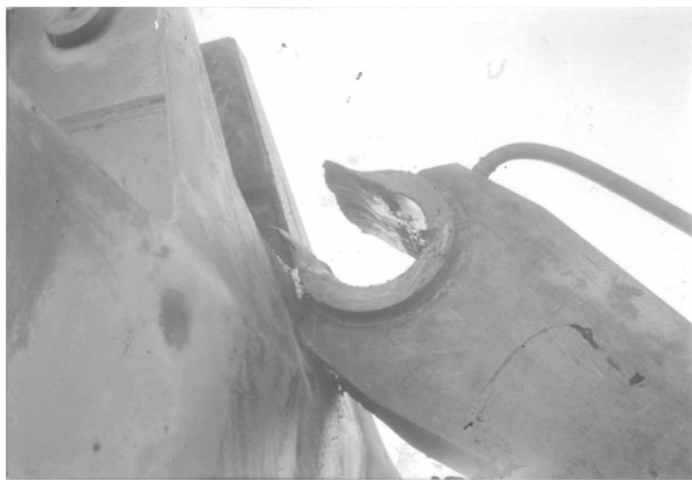
Известны случаи, когда при нормально работающих шарнирах стреловой системы шарниры «Тяга коромысла – коромысло» или «Тяга коромысла – стрела» выходят из строя, что приводит кран к аварийным ситуациям (рис. 3).

Распределение нагрузок в системе осуществляем графо-аналитическим методом, для чего производим расчет нагрузок в области рассматриваемых шарниров от собственных масс элементов при положении стреловой системы в смазочном положении (рис. 4), где P_t, h_t – сила тяжести тяги коромысла и её плечо; P_k, h_k – сила тяжести коромысла и её плечо; $P_{\text{п}}, h_{\text{п}}$ – сила тяжести подвижного противовеса и её плечо; $P_{\text{комп}}, h_{\text{комп}}$ – сила, необходимая для компенсации нагрузки и её плечо; R_1, R_2 – реакции, возникающие в шарнирах 1 и 2 тяги коромысла.

При установке стреловой системы в смазочное положение и фиксацией колонны и стрелы, в шарнирах «Тяга коромысла – коромысло» и «Тяга коромысла – стрела» возникают реакции R_1 и R_2 , вызванные моментами от сил тяжести коромысла P_k и противовеса $P_{\text{п}}$.

Расчетным путём определяем усилие $P_{\text{комп}}$, необходимое для компенсации силы тяжести коромысла и противовеса.

В зависимости от места приложения и величины $P_{\text{комп}}$ определяется условие равновесия.



а)



б)

Рисунок 3 – Авария на п/к «Сокол» вследствие износа шарнира «Тяга коромысла – коромысло». а) - Разрыв корпусной втулки тяги коромысла и выход тяги из шарнирного соединения с коромыслом; б) - Демонтированные изношенные ось и корпусная втулка шарнирного соединения «Тяга коромысла – коромысло».

Для примера выполним расчет компенсационного усилия $P_{\text{комп}}$ для портального крана «Сокол» (рис. 5). В шарнирах «Тяга коромысла – коромысло» и «Тяга коромысла – стрела» действуют реакции R_1 и R_2 , вызванные моментами от сил тяжести коромысла P_k и противовеса P_n . При приложении компенсационного усилия реакции R_1 и R_2 будут равны нулю (за исключением составляющей от собственного веса тяги коромысла (~ 1 т), которая не соизмерима с составляющими от коромысла и противовеса).

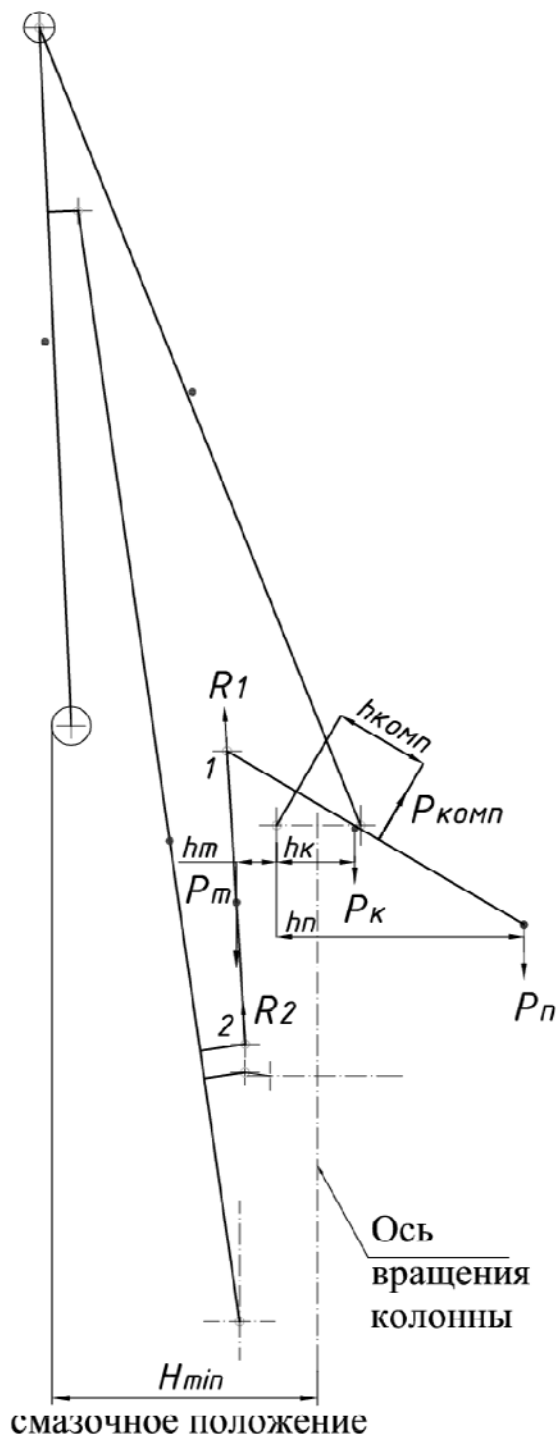


Рисунок 4 – Схема для расчета нагрузок, действующих на шарниры «Тяга коромысла – коромысло» и «Тяга коромысла – стрела».

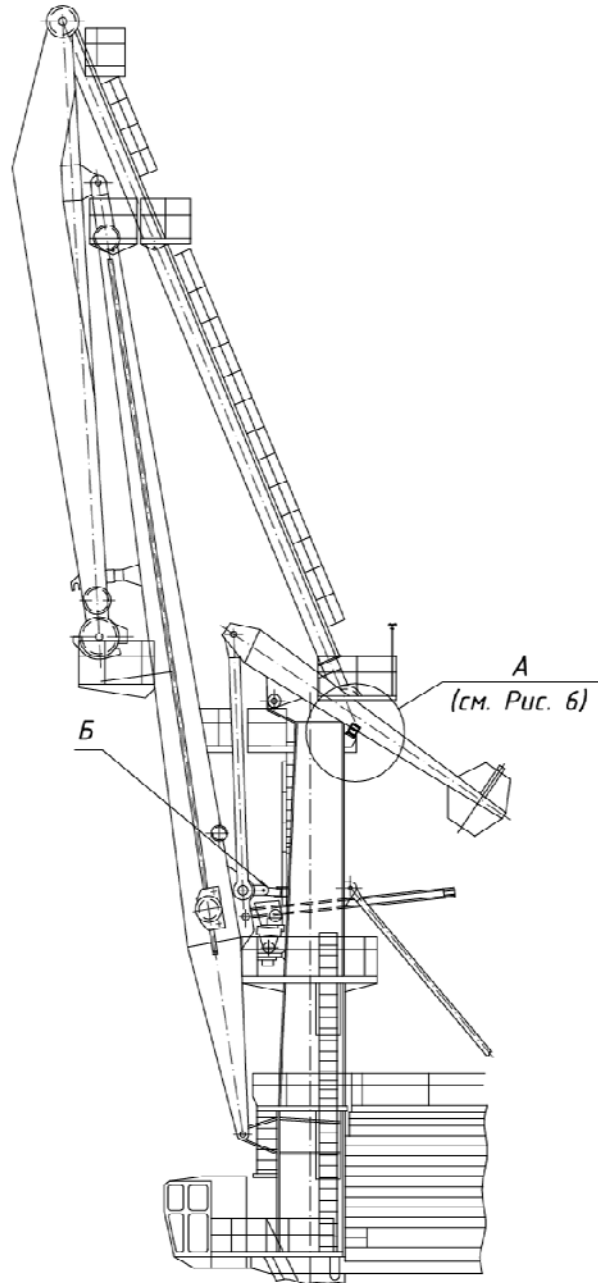


Рисунок 5 – Схема разгрузки шарниров «Тяга коромысла – коромысло» и «Тяга коромысла – стрела».

Составим уравнение моментов относительно точки вращения коромысла (шарниры «Колонна – коромысло»).

$$P_{\text{комп}} \cdot h_{\text{к}} + P_{\text{п}} \cdot h_{\text{п}} = P_{\text{м}} \cdot h_{\text{м}} + P_{\text{комп}} \cdot h_{\text{комп}} \quad (2)$$

где P_m, h_m – сила тяжести тяги коромысла и её плечо; $P_m = 0,9$ т,
 $h_m = 0,9$ м;

P_k, h_k – сила тяжести коромысла и её плечо; $P_k = 4,42$ т,
 $h_k = 1,8$ м;

P_n, h_n – сила тяжести подвижного противовеса и её плечо; $P_n = 15,5$ т,
 $h_n = 5,7$ м;

$P_{комп}, h_{комп}$ – сила, необходимая для компенсации нагрузки, и её плечо.

Величина $h_{комп}$ зависит от места приложения компенсационного усилия, при приложении его с кронштейнов на задней стенке колонны она будет составлять $h_{комп} = 2,2$ м

$$P_{комп} = \frac{P_k \cdot h_k + P_n \cdot h_n - P_m \cdot h_m}{h_{комп}}$$

$$P_{комп} = 43,4 \text{ т}$$

Метод позволяет выполнить демонтаж шарниров и вывод тяги коромысла для кранов типа «Сокол», «Кондор» и «Альбатрос» без демонтажа стреловой системы и привлечения дополнительных средств механизации.

А, см. Рис. 5
Ось с блоками и жесткая оттяжка условно не показаны

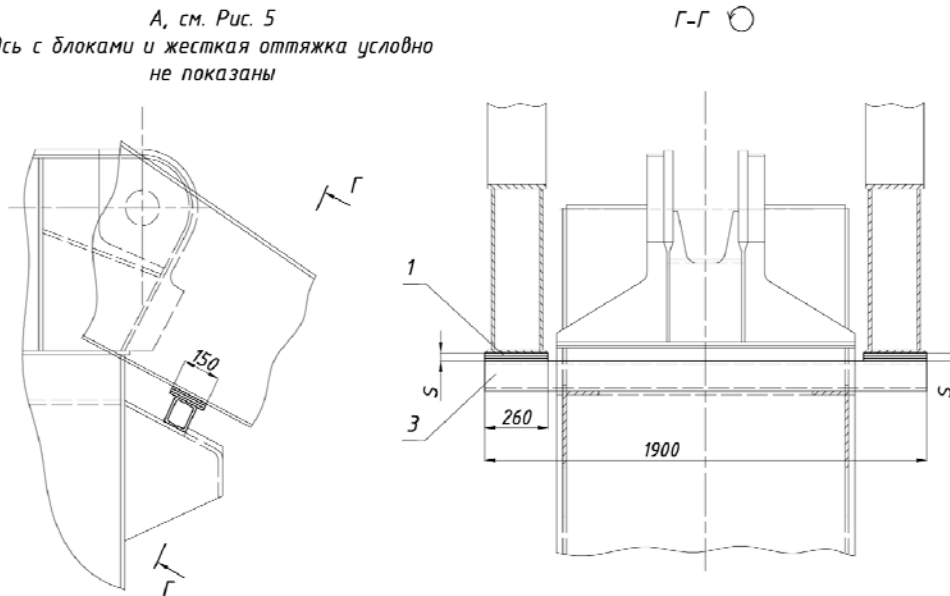


Рисунок 6 – Разгрузка шарниров «Тяга коромысла – коромысло» и «Тяга коромысла – стрела» (модификация кранов с узким оголовком колонны, узким коромыслом и I-образной тягой).

1–набор металлических прокладок, общим набором «S»;

3–разгрузочная балка.

Рост прибыли стивидорной компании за счет замены шарниров стреловой системы крана без демонтажа ее элементов можно посчитать по формуле:

$$\Delta F = d_1 + d_2 + z_1 + z_2,$$

где d_1 – дополнительный доход, приносимый работающим краном за время, на которое сокращены сроки ремонта;

d_2 – дополнительный доход за счет использования свободной площади, не занятой под ремонт;

z_1 – экономия затрат на трудоемкие операции на опускание и поднятие стрелы;

z_2 – сокращение затрат на само проведение ремонта.

Выводы. Таким образом, замена шарниров стреловой системы крана без демонтажа ее элементов приводит к снижению затрат на ремонт портального крана за счет уменьшения трудоемких операций на опускание и поднятие стрелы, экономии времени выполнения работ, экономии занимаемой площади, используемой для ремонта.

Время замены шарнирных соединений «Колонна – жесткая оттяжка», «Тяга коромысла – стрела» и «Тяга коромысла – коромысло подвижного противовеса» без демонтажа стреловой системы занимает до 3-х дней, что значительно сокращает сроки ремонта.

Применение указанных рекомендаций показало высокую эффективность внедрения методик замены шарниров стреловой системы крана без демонтажа ее элементов по сравнению с традиционными методами замены шарниров.

По предложенной технологии было произведено замену шарнирных соединений портальных кранов в 13 портах Украины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пустовой В.Н. Сравнительное исследование параметров портовых кранов для морских портов Украины / В.Н. Пустовой, А.О. Андриенко // Вісник Одеського національного морського університету: зб. наук. праць. – Одеса: ОНМУ, 2008. – Вип . 25. – С. 97–107.
2. Пустовой В.Н. Портовые краны: у критической черты / В.Н. Пустовой // Порты Украины: информационно-аналитический журнал. – О.: Ports of Ukraine plus , 2005. –№ 5 (55). – С. 38–42.
3. Андриенко А.О. Состояние и перспективные направления обновления парка портовых кранов в морских портах Украины / А.О. Андриенко // Вісник Одеського національного морського

університету: зб. наук. праць. – Одеса: ОНМУ, 2006. – Вип . 20. – С. 86–89.

4. Инструкция по эксплуатации порталных кранов «Сокол» грузоподъемностью 16/20/32 т постройки 1971-1974 гг. М., ЦРИА «Морфлот», 1979.- 148 с. + 1 вклейка + вкладки.

5. Инструкция по эксплуатации порталных кранов «Альбатрос» грузоподъемностью 10/20 т постройки 1971-1974 гг. М., ЦРИА «Морфлот», 1979.- 148 с. + 1 вклейка + вкладки.

6. Кох П.И. Производство, монтаж, эксплуатация и ремонт подъемно-транспортных машин. Киев: Вища школа, 1977. – 352 с.

7. М.М. Гохберг. Справочник по кранам: В 2 т. Т. 1. Характеристики материалов и нагрузок. Основы расчета кранов, их приводов и металлических конструкций / В. И. Брауде, М.М. Гохберг, И. Е. Звягин и др – М.: Машиностроение, 1988. – 536 с.: ил.

8. Суглобов В.В., Михеев В.А., Ткачук Е.В. Постановка задачи определения входных данных для совместного автоматизированного расчета, синтеза и оптимизации стреловой системы и системы уравнивания порталного крана / В.В. Суглобов, В.А. Михеев, Е.В. Ткачук // Подъемно-транспортная техника: Зб. наук пр. - Днепропетровск, 2013. Вип. №1. - С.61-67.