

УДК: 622.233

*Мамасаидов М. Т., докт. техн. наук, академик НАН КР  
Исманов М. М., докт. техн. наук, профессор  
Исаев И. Э., канд. техн. наук, доцент  
Кыргызско-Узбекский международный  
университет им. Б. Сыдыкова, Кыргызстан*

## **УСЛОВИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СТАНИНЫ ПЕРЕНОСНОГО КАМНЕКОЛЬНОГО ПРЕССА**

*В данной работе исследованы верхняя и нижняя траверсы станины переносного камнекольного пресса с целью определения необходимых условий его прочности для определения коэффициентов жёсткостей траверс. Используются методы составления расчетных схем и преобразования аналитических выражений. Проведены прочностной расчет наиболее нагруженных конструктивных элементов пресса: станины пресса, нижней и верхней плиты станины. Полученные результаты позволяют разработать методику выбора рациональных параметров верхней и нижней траверсы станины переносного камнекольного пресса и совершенствовать их конструкцию.*

**Ключевые слова:** *верхняя и нижняя траверсы станины, жесткость, деформация, прогиб, переносной камнекольный пресс.*

*Мамасаидов М. Т., тех. илим. докт.,  
КР УИАнын академиги  
Исманов М. М., тех. илим. докт., проф.  
Исаев И. Э., тех. илим. канд., доцент  
Б. Сыдыков ат. Кыргыз-Өзбек эл аралык  
университети, Кыргызстан*

## **КӨЧМӨ ТАШ ПРЕССТИН СТАНИНА ЭЛЕМЕНТТЕРИНИН ДИНАМИКАЛЫК БЕКЕМДИГИНИН ШАРТЫ**

*Бул эмгекте траверстердин катуулук коэффициенттерин аныктоо үчүн анын бекемдигинин зарыл шарттарын аныктоо максатында көчмө таши жаргыч пресстин станинасынын үстүнкү жана астыңкы траверстери изилденген. Эсептөө схемаларын түзүү жана аналитикалык туюнтмаларды трансформациялоо ыкмалары колдонулат. Пресстин эң көп жүктөлгөн структуралык элементтеринин: пресстин станинасынын, станинанын үстүңкү жана астыңкы плиталарынын бекемдигин эсептөө жүргүзүлдү. Алынган натыйжалар таши жаргыч пресстин станинасынын үстүңкү жана астыңкы траверстеринин рационалдуу параметрлерин тандоо методун иштеп чыгууга жана алардын конструкциясын жакшыртууга мүмкүндүк берет.*

**Өзөктүү сөздөр:** *станинанын үстүңкү жана астыңкы траверси, катуулук, деформация, ийилүү, көчмө таши кесүүчү пресс.*

*Mamasaidov M. T., doctor of technical science, academic NAN KR  
Ismanov M. M., Doctor of technical science, professor,  
Isaev I. E., cand. of technical science, docent  
Kyrgyz-Uzbek state university B. Sydykova, Kyrgyzstan*

## THE CONDITION OF THE DYNAMIC STRENGTH OF THE ELEMENTS OF THE BED OF A PORTABLE STONE SPILLER PRESS

*In this paper, the upper and lower traverses of the bed of a portable stone splitting press were studied in order to determine the necessary conditions for its strength to determine the stiffness coefficients of the traverses. Methods for compiling calculation schemes and converting analytical expressions are used. The strength calculation of the most loaded structural elements of the press was carried out: the press bed, the lower and upper bed plates. The results obtained make it possible to develop a method for choosing rational parameters for the upper and lower traverses of the bed of a portable stone splitting press and to improve their design.*

***Keywords:** upper and lower frame traverses, stiffness, deformation, deflection, portable stone-glass press.*

Природный камень является одним из самых древних строительных материалов, которым пользовался ещё первобытный человек. Он обладает высокими декоративными свойствами, долговечностью и может сохранять свои физико–механические свойства под действием различных факторов. В связи с этим, изделия из природного камня с успехом применяются при облицовке зданий и сооружений, отделке набережных и фонтанов, для покрытия площадей и разграничения проезжей части улиц, изготовления ограждений в садово-парковой архитектуре.

Среди строительных изделий из природного камня особое место занимает так называемые «колотые изделия», получаемые путем колки камня вручную или механизированным способом с помощью камнекольных станков. Эти изделия нашли в градостроительстве, особенно в европейских странах.

Как показал анализ технологического процесса изготовления колотых изделий из камня ручным способом, на изготовления одной плиты затрачивается до 10 часов рабочего времени. Этим была обусловлена необходимость создания технологии механизированного процесса обработки камня, позволяющего снизить стоимость продукции и повысить производительность [1].

В настоящее время интерес к обработке камня расколом возрос не только вследствие ее малой энергоемкости, но и благодаря меньшей стоимости получаемой продукции. Для производства колотых изделий в мировой практике существует ряд технических средств обработки камня расколом, среди которых приоритет имеют камнекольные станки. Их производят во многих развитых странах, в т.ч. такие ведущие фирмы

как "Kameklu" (Франция), "Porsfeld" (ФРГ), "Park tul kompani" (США), "Stainex" (Италия), "Wan Wurden" (Голландия) и др.

Работы по созданию камнекольных станков проводились и ныне развиваются в нашей стране. В 1985-1990 годах в НИЦ "Импульс" АН Кирг. ССР (ныне Институт машиноведения НАН КР) были созданы камнекольные станки типа ПКА-400, ПКА-800, ПКА-3000, которые выпускались в г.Бишкек заводом имени Ленина и с эффективностью применяются в различных камнеобрабатывающих предприятиях республики и за её пределами. Эксплуатация этих прессов на практике позволило выявить ряд их преимуществ, но также и некоторые недостатки: возникновение значительных динамических нагрузок; использование дорогостоящего гидравлического оборудования; большая металлоёмкость конструкции и сложность технологических операций при изготовлении оборудования.

Однако, производство колотых изделий очень эффективно, т.к. энергоёмкость обработки камня расколом более чем в 7 раз ниже, чем технологии распиловки [7]. В ведущих странах мира, особенно в Европе, создание специализированных станков, производство и применение колотых строительных изделий камня развиты очень высоко [8].

В существующей технологии распиловки блоков камня неизбежно появляются отходы (корки, подошвы, боковины, объёмные околы и др.), требующие их утилизации. На карьерах годами накапливаются некондиционные блоки, которые часто идут только на получение бульжника, щебня, песка. Примером этого являются карьеры камня Кыргызстана. Ведущие компании и фирмы мира разработали и уже применяют технологии утилизации таких отходов, причем даже бесформенных валунов и глыб камня, получая из них товарную каменную продукцию.

Во многих странах, в т.ч. в Кыргызстане, имеются сильно трещиноватые месторождения природного камня, которые не подходят для добычи и распиловки традиционными технологиями. Эффективной технологией их обработки является только колка камня, причем даже прямо на карьере.

Несмотря на наличие значительного научно-практического задела в прошлом в области создания камнекольных прессов и доступного сырья, в Кыргызстане производство и применение в строительстве колотых изделий из камня находится на очень низком уровне.

В связи с этим создание и внедрение оборудования и технологии производства различных колотых изделий из камня является актуальной проблемой, которая требует комплексного и поэтапного решения ряда задач [1,2,3].

В Кыргызско-Узбекском международном университете под руководством академика М. Т. Мамасаидова ведутся работы по созданию новой конструкции переносного камнекольного пресса типа ПКП. Преимуществом ПКП перед его аналогом - гидравлическим камнекольным прессом типа ПКА является то, что приводом является простая и очень надёжная механическая передача. В ней меньше узлов и деталей, требующих специального изготовления, как у аналога. Все детали могут быть изготовлены в обычных механических цехах. Как известно из практики, гидравлический домкраты обладают большой надёжностью и КПД, долговечны, просты и дешевы в эксплуатации. Переносной пресс может быть использован непосредственно на рабочих местах, тогда как прессы типа ПКА работают только в стационарных условиях специализированного камнекольного цеха. В отличие от переносного камнекольного пресса пресс ПКА имеет гидропривод, состоящий из целого гидравлического агрегата (маслостанции), гидроцилиндра большого габарита и систему трубопроводов. Известно, что гидравлические агрегаты и гидроцилиндры больших габаритов (диаметр до 200 мм, длина хода до 350 мм у аналога) могут быть изготовлены только на специализированных заводах, включают в себе десятки и сотни различных деталей очень высокого класса обработки и поэтому являются дорогостоящими комплектующими. Особенность эксплуатации в том, что их необходимо заправлять дорогостоящим минеральным маслом в большом количестве (около 200 л. у аналога), при этом, как показывает практика, неизбежными являются утечки в гидросистеме [2]. Между тем попадание масла на камень очень нежелательно, чтобы не испортить его товарный вид. При желании и целесообразности можно обеспечить подвижность только верхнего (как у аналога) или обеих ножей прессы. Последнее может дать хорошее качество раскола, так как при этом обе ножи становятся активными и напряженное состояние в сечении камня будет формироваться более равномерно и симметрично, т. е. сверху и снизу. Таким образом, описанные достоинства переносного камнекольного пресса обеспечивают ему упрощение конструкции и повышения эксплуатационных свойств по сравнению с большими прессами.

Одним из этапов исследований является разработка конструкций переносных камнекольных прессов (ПКП). Отличаясь очень простой конструкцией, они могут давать хороший эффект, могут быть более долговечными, простыми и очень дешевыми в изготовлении, что снижает себестоимость получаемой продукции. Главным образом, создание переносных конструкций камнекольных прессов позволяет оснастить мастеров и рабочих, занимающихся отделкой камнем еще одним эффективным оборудованием, что способствует снижению трудоемкости монтажа и колке каменного материала на строительной площадке, а в

конечном счете и широкому применению колотого камня в строительстве.

Данная работа посвящена результатам исследований по выбору параметров станины переносного камнекольного пресса [1,2,3,4,5,6].

В процессе работы пресса верхняя и нижняя траверсы станины испытывают изгибные деформации. Поэтому необходимо исследовать указанные характеристики станины. Для определения коэффициентов жёсткостей траверс воспользуемся расчётной моделью и рассмотрим условия равенства потенциальной энергии реальной системы, испытывающей деформацию изгиба [1,2].

Потенциальная энергия реальной системы выражается уравнением

$$P_{P.C} = P\delta / 2, \quad (1)$$

а потенциальная энергия расчётной модели –

$$P_{П.С.} = P^2 / 2C_T, \quad (2)$$

где  $C_T$  - коэффициент приведённой жёсткости,  $\delta$  - прогиб траверсы,  $P$  - внешняя сила.

Приравняв выражения (1) и (2), определяем коэффициент приведённой

жёсткости в виде

$$C_T = P / \delta \quad (3)$$

Прогиб  $\delta$  при изгибе траверсы находим из расчётных схем, представленных на рисунках **1а** и **1б**, при статической силе  $P$ , приложенной к середине пролёта балки. Для рассматриваемого случая значение прогиба  $\delta$  определяется по формуле [1]

$$\delta = PL^3 / (48EI), \quad (4)$$

Тогда приведённый коэффициент жесткости траверсы равен

$$C_T = 48EI / L^3, \quad (5)$$

где  $I$  - момент инерции сечения траверсы;  $L$  - длина;  $E$  - модуль упругости материала траверсы.

Момент инерции сечения траверсы определяем по формуле

$$I = 1/3 \cdot (By_1^3 - bt^3 + ay_1'^3), \quad (6)$$

где  $y_1 = (a/H^2 + bc^3) / (2 \cdot (aH + bc))$ ,

$$y_1' = H - y_1 \quad t = y_1 - c.$$

Жёсткости верхней  $c_{вТ}$  и нижней  $c_{нТ}$  траверс, рассчитанные по приведённой методике, одинаковы и составляют

$$c_{вТ} = c_{нТ} = 42410^{11} \text{ Н/м.}$$

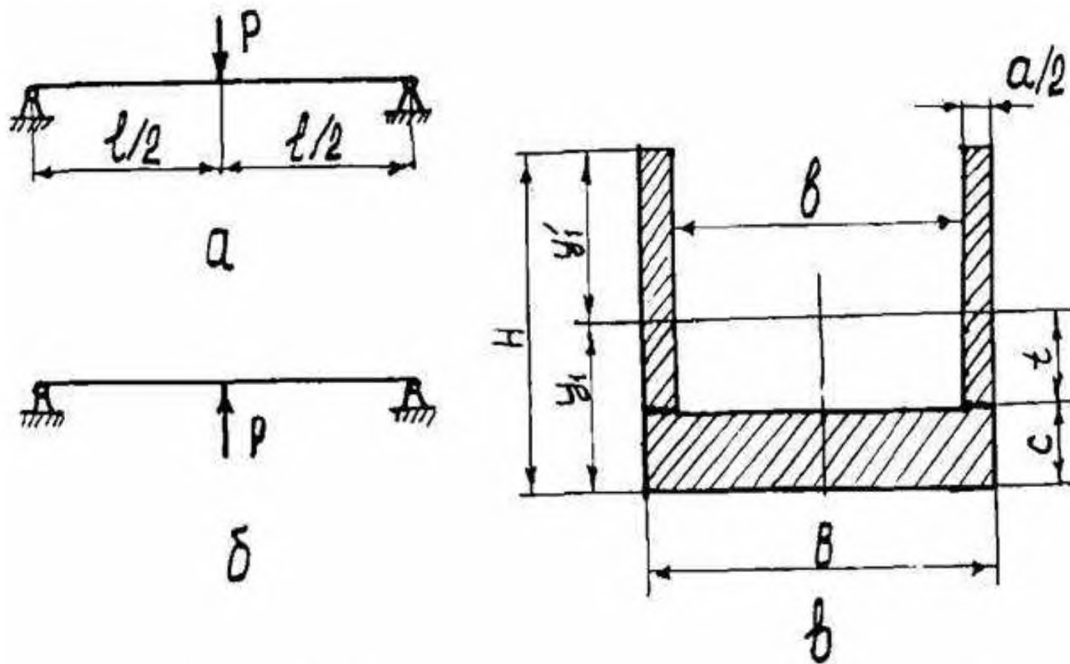


Рисунок 1. Расчетная схема к определению прогибов:  
а - нижней траверсы; б-верхней траверсы; в - поперечное сечение траверсы

Массы верхней и нижней траверс соответственно равны  $m_{вТ} = 30 \text{ кг}$ ,  $m_{нТ} = 30 \text{ кг}$ .

Жёсткость колонн определяем по формуле:

$$C_K = EF_K / L_K, \quad (7)$$

где  $F_K$  - площадь поперечного сечения колонны ( $0,01415 \text{ м}^2$ ),  $L_K$  - длина колонны. Для пресса ПКП-200  $C_K = 3,96 \cdot 10^9 \text{ Н/м}$  для каждой колонны с массой  $m_K = 35 \text{ кг}$ .

При определении приведённого коэффициента следует учесть, что последовательность передачи сил через элементы колонн изменяется в процессе работы переносного камнекольного пресса.

При нагружении рабочего органа усилия от верхней 5 и нижней плит

3 передаются к стойкам 6.

Траверсы считаем абсолютно жесткими по отношению к колоннам и общий приведенный коэффициент жесткости станины при деформации растяжения в шпильках определяем по формуле

$$C_1 = 2(C_K + C_{Г.Р.С.В}) \quad (8)$$

Для станины переносного камнекольного пресса ПКП-300,  $C_1 = 603 \cdot 10^7$  Н/м.

По формулам (11) и (12) определяются упругие характеристики станины до момента времени, когда в колоннах действуют усилия растяжения. При переходе через нулевые деформации колонн они выводятся из расчётной схемы. В этом случае приведенный коэффициент жесткости станины определяется как

$$C_1 = 2C_K \quad (9)$$

Величину приведенного коэффициента жесткости болтов и виброизолирующих элементов находим по формуле

$$C_2 = \frac{8C_a C_{II}}{C_a + C_{II}}, \quad (10)$$

где  $c_a$  и  $c_{II}$  – коэффициенты жесткостей болтов и упругих резиновых подушек, которые определяются как [8]:

$$C_a = EF_A / L_a \quad (11)$$

$$C_{II} = 6,5GF_{II} / h_{II}, \quad (12)$$

где  $F_A$  и  $F_{II}$  – площади поперечных сечений болта и упругой резиновой подушки.  $L_a$ - длина болта;  $h_{II}$ - толщина резиновой подушки;  $G$  - модуль сдвига материала резины (для технической резины  $G = 50 \div 90$  МПа [2,3,4,5,6]). В конструкции ПКП-300 величины коэффициентов жесткостей для болтов, с диаметром 30 мм и длиной 50мм, равны  $0,707 \cdot 10^9$  Н/м.

При наличии резиновой подушки с указанными размерами между гайкой болта и опорой пресса приведенный коэффициент жесткости всех опорных элементов равен  $C_2 = 0,173 \cdot 10^9$  Н/м.

Жесткости двух нижних подушек, длина каждой из которых составляет 200 мм, ширина 215 мм и толщина 30 мм, установленных под основаниями станины пресса, соответственно равны  $0,637 \cdot 10^9$  Н/м, а общая

жёсткость нижних подушек  $c_{\text{ниж}} = 2,55 \cdot 10^9$  Н/м. В расчётах упругих и инерционных характеристик значения модуля упругости приняты постоянными  $E = 2 \cdot 10^{11}$  Н/м<sup>2</sup>, а плотности материалов стальных деталей  $\rho = 7,85 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

Таким образом, выбранная конструкция и коэффициенты жесткости упругих элементов в опоре обеспечивают снижение динамических нагрузок в колоннах переносного камнекольного пресса ПКП-300.

**Выводы:**

1. Разработаны расчетные схемы и определены коэффициенты жесткости упругих элементов в опоре обеспечивают снижение динамических нагрузок в колоннах переносного камнекольного пресса ПКП.

2. Выполнены прочностные расчеты и определены конструктивные параметры станины пресса, узла крепления.

3. Выявлено, что при правильном выборе материала и параметров основных деталей станины, увеличиться долговечность и надежность.

4. Выполненная работа позволяет приступить к разработке рабочей конструкции и изготовлению опытного образца пресса, который отличается работоспособностью и надежностью, создает удобство работы и повышает производительность труда рабочих и позволяет снизить стоимость работ.

**Литература:**

1. Мамасаидов М. Т. Закономерности процесса направленного раскола камня на камнекольном прессе [Текст] /М. Т. Мамасаидов, В. Э. Еремьянц, Т. Т. Якубов // Известия НАН КР.– Бишкек: Илим, 2000. –С.40-44.

2. Мамасаидов М. Т. Определения параметры рабочего органа камнекольного пресса [Текст] /М. Т. Мамасаидов, Р. А. Мендекеев, И. Э. Исаев // Наука. Образование. Техника. - №1, - Ош: КУУ, 2007.- 99 с.

3. Мамасаидов М. Т. Исследование динамики винтового камнекольного пресса [Текст] /М. Т. Мамасаидов, Р. А. Мендекеев, И. Э. Исаев // Научно-технич. обеспечение горного производства: Матер. межд. науч.-прак. конф. Тр. ИГД им. Кунаева. Том 68. – Алматы, 2005. –Часть 1. – 158 с.

4. Мамасаидов М. Т. Обоснование параметров гидравлического камнекольного пресса с нижним расположением гидроцилиндра [Текст] /М. Т. Мамасаидов, Р. А. Мендекеев, И. Э. Исаев // Мат. межд. научно-практич. конф. «Модернизация содержания, технологий обучения и воспитания: мировой опыт и проблемы» Вестник. - №18, - Каракол: ИГУ, 2007. - 135 с.



5. Мамасаидов М. Т. Методика определения рациональных параметров винтового механизма камнекольного пресса ВКП-1 [Текст] /М. Т. Мамасаидов, Р. А. Мендекеев, И. Э. Исаев // Наука и новые технологии. №2 – Бишкек: МОНиМП КР, 2006. – С.11-13.

6. Мамасаидов М. Т. К разработке конструкции переносного камнекольного пресса ПКП-300 [Текст] / М. Т. Мамасаидов, М. М. Исманов, И. Э. Исаев // Наука. Образование. Техника. - №2, - Ош: КУУ, 2019.- 68 с.