

Разработка инженерно-технических мероприятий по совершенствованию условий и безопасности труда при удалении строительных отходов с этажей зданий и строительной площадки

В.М. Худякова¹, Н.В. Матюшева¹, А.П. Руснаков¹,

Л.С. Сабитов^{2,3}, С.А. Войнаш³, Н.Н. Бадртдинов³

¹ Санкт-Петербургский государственный аграрный университет,
г. Санкт-Петербург

² Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва

³ Российский университет дружбы народов им. Патруса Лумумбы, г. Москва

Аннотация: При реставрации корпусов зданий в строительной промышленности, не уделяется должного внимания механизированному удалению мусора с рабочих мест и строительной площадки, что небезопасно для людей и окружающей среды из-за высокой запыленности атмосферного воздуха. В современных мегаполисах ежегодно появляются десятки новых домов. Эта тенденция имеет некоторые подводные камни. В частности, увеличение количества стройплощадок делает актуальной проблему вывоза строительных отходов. Сегодня для освобождения стройплощадок от мусора в основном используется 2 способа: выброс мусора через окно; спуск отходов по лестнице или лесам. Преимуществом первого варианта является возможность быстрого решения проблемы. Однако выброс мусора через окно вызывает вопросы с точки зрения экологии и безопасности. Второй способ можно назвать более безопасным. Но он требует существенных физических усилий. Поэтому сегодня наиболее актуальным способом решения данной проблемы является строительный мусоросброс. Удаление строительных отходов из реконструируемых, реставрируемых и строящихся зданий и сооружений, позволяет значительно снизить риск травмирования рабочих, а также снизить вероятность загрязнения окружающей среды. Стоит отметить и экологическую безопасность. Применение мусоросбросов снижает негативное воздействие строительного процесса на окружающую среду. К тому же применение специальных рукавов существенно уменьшает пылеобразование. Преимущества строительного мусоросброса: это устройство гарантирует безопасный выброс мусора и минимизирует риск получения травм на строительной площадке, применение мусоросброса способствует ускорению процесса уборки, сокращению затрат и экономии сил, при помощи рукава мусор можно направлять прямо в транспорт, который используется для уборки отходов.

Ключевые слова: техносферная безопасность, управление безопасностью, строительные отходы, загрязнение окружающей среды, мониторинг.

Введение

Целью работы является: снижение негативного воздействия строительных отходов на окружающую среду и человека путем разработки

инженерно-технических мероприятий по совершенствованию условий и безопасности труда при удалении строительных отходов с этажей зданий и строительной площадки.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- выбрать метод решения поставленной задачи;
- усовершенствовать устройство, для удаления строительных отходов с этажей зданий;
- произвести расчет экономической эффективности по предлагаемому устройству.

При строительстве объектов недостаточно уделяется внимания удалению строительного мусора. Зачастую строительный мусор с этажей зданий в основном выбрасывается в открытые проемы окон или выносится в мешках рабочими из здания и складировается на улице [1, 2]. Складирование мусора на улице представлено на рисунке 1.



Рис. 1. – Складирование мусора

Вместе с тем промышленность начинает серийно выпускать мусоросбросы, с использованием которых мусор можно выгружать в контейнеры, установленные внизу на площадках под мусоросбросами [6]. Общий вид мусоросброса строительной фирмы «Эко-Пром-Пласт» представлен на рисунке 2.



Рис. 2. – Мусоросброс строительный «Эко-Пром-Пласт»

Мусоросброс состоит из секций, соединенных между собой двумя противоположными цепями. В секциях, расположенных на против окон имеются загрузочные воронки. На определенном расстоянии между секциями монтируются гасители.

Сверху мусоросбросы специальным захватом п-образной формы крепятся к стенкам в оконных проемах. Крепление мусоросброса в оконном проёме представлено на рисунке 3.



Рис. 3. – П-образное крепление мусоросброса в оконном проеме
Допустимая масса выбрасываемого груза до 15 кг.
Схема мусоросброса с гасителем представлена на рисунке 4.

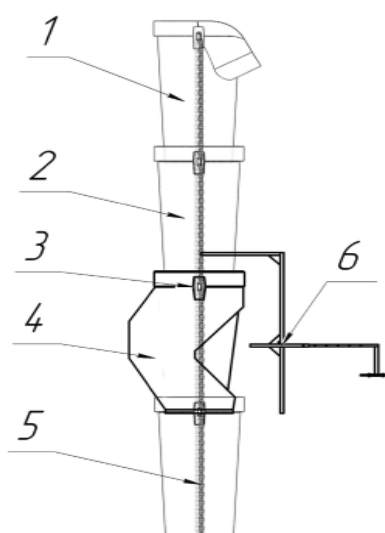


Рис. 4. – Мусоросброс с гасителем:
1 – секция приёмная; 2 – секция прямая; 3 – узел крепления; 4 –
гаситель скорости; 5 – цепь; 6 – крепёжный кронштейн

Материал секций мусоропровода – полипропилен [9]; Форма – усечённый конус; Общая длина – 1,1 м; Рабочая длина – 0,85 м; Толщина стенки – 5 мм; Толщина верхней и нижней кромок – 7,5 мм; Толщина рёбер – 2 мм; Внутренний диаметр: 515/380 мм; Внешний диаметр: 550 мм; Масса одной секции – 8,6 (9,6) кг; Прочность цепи (всего две) удерживающей секции мусоропровода – 1000 кг.

Пример использования мусоросброса в Санкт-Петербургском аграрном университете при ремонте общежитий (рисунок 5).



Рис. 5. – Мусоросброс для выгрузки мусора из 5-этажного здания общежития №7 СПбГАУ

Общежитие пятиэтажное. Вначале мусоросброс монтируется в оконном проёме пятого этажа, затем переставляется по мере выгрузки мусора на нижние этажи. При установке кузова транспорта под мусоросбросом, водитель с помощью концов, привязанных к цепям секции мусоросброса, меняет положение нижней секции мусоросброса по поверхности кузова обеспечивая равномерную загрузку кузова строительным мусором. Проем

окна, в котором установлено крепление мусоросброса закрывается фанерой, для того чтобы наружный воздух не проникал в помещение.

Анализ результатов использования мусоросбросов показал, что часто происходят поломки гасителя скорости, а также разрушаются стенки нижней секции мусоросброса [7, 8]. На их замену затрачивается время, а, следовательно, приостанавливается своевременный вывоз мусора.

Результаты исследования

Поставленная задача будет решаться разработкой устройства, которое будет одеваться на секцию мусоросброса с установленными на него подвижными пластинами, которые будут снижать скорость падающих грузов. Устройство состоит (рисунок 6) из конусного корпуса, 4-х диаметрально противоположных секций гасителя, закрепленных к корпусу гасителя. Корпус, свободно одет снизу на секцию мусоросброса тягами (с регулируемой длиной) закрепляется на кронштейнах для цепей секции мусоросброса в заданном положении. Секция гасителя (рисунок 6 вид А) состоит из пластины, одетой на ось, двух кронштейнов и пружины кручения. Пружина кручения одета на ось. Один конец пружины крепится к корпусу гасителя, второй соединяется с пластиной.

Кронштейны, одетые на ось, крепятся болтовыми соединениями (по месту) к корпусу гасителя.

Технологический процесс нового гасителя скорости следующий.

При ударе груза о пластину она вместе с грузом, преодолевает усилие пружины кручения, поворачивается вокруг оси вниз на угол свыше 90° . Груз с пластины сваливается и свободно падает вниз в стандартный гаситель (поз.4 на рис.6). Пластина после освобождения от груза возвращается в исходное положение.

В зависимости от габаритов груза он может во время падения контактировать с одной или даже со всеми секциями гасителя. Все детали нового гасителя металлические.

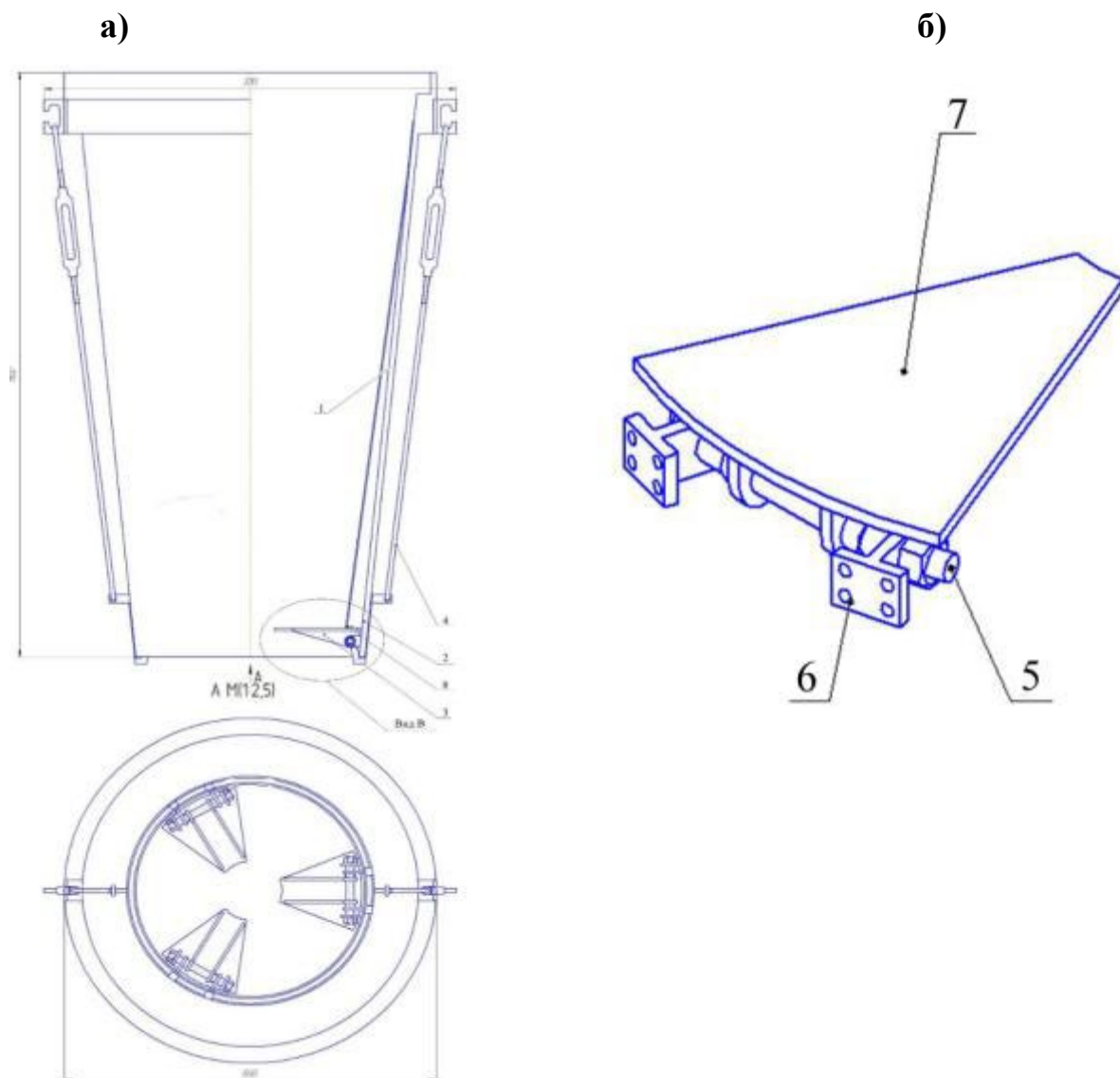


Рис. 6. – Устройство нового гасителя и место его установки на секции мусоросброса: а) общий вид гасителя на секции мусоросброса; б) устройство секции гасителя

1 – секция мусоросброса; 2 – корпус гасителя; 3 – секция гасителя;
4 – тяги для крепления корпуса гасителя к корпусу секции мусоросброса;
5 – ось секции гасителя; 6 – кронштейн крепления секции гасителя к корпусу гасителя; 7 – пластина; 8 – защитная пластина

Предлагаемый гаситель не требует вносить изменения в конструкцию мусоросброса. Схема для определения усилий на детали гасителя представлена на рисунке 7.

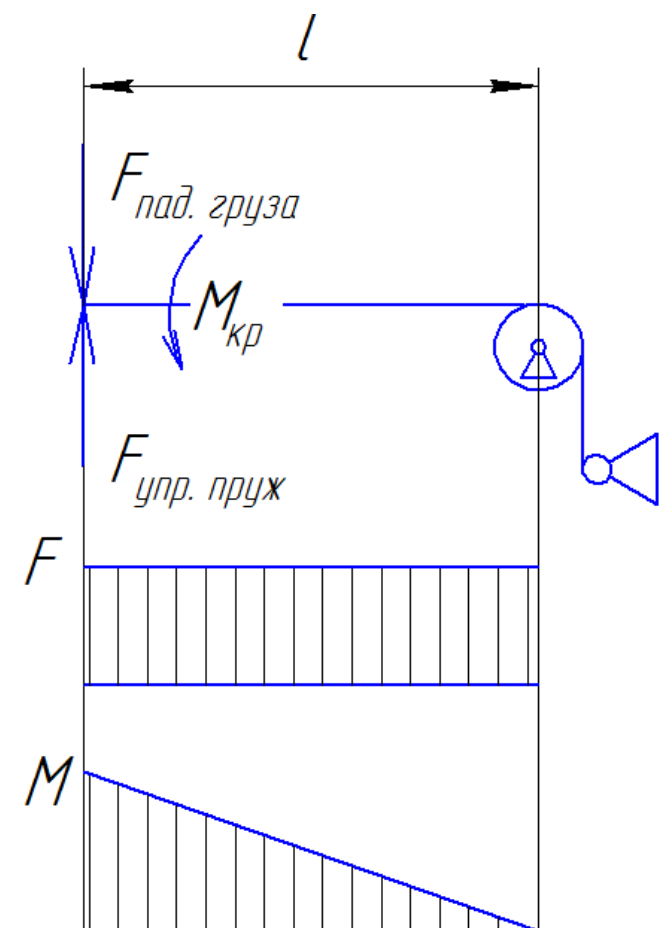


Рис. 7. – Схема для расчета усилий на детали гасителя

Исходные данные для расчета:

Масса падающего груза 15 кг.

Высота падения 4 м (Через 5 м ставят гасители)

Расчеты проведем в следующей последовательности:

1. Крутящий момент груза в момент соприкосновения с пластиной (7) секции гасителя (3), определим по формуле:

$$M_{кр} = F_{пад.гр} * l \quad (1)$$

где $F_{\text{пад.гр}}$ – сила падения груза в момент соприкосновения с пластиной
 l – расстояние от оси (5) до конца пластины (7) в нашем случае 100 мм.

Силу при падении груза можно вычислить из выражения:

$$F_{\text{пад.гр}} = W/h \quad (2)$$

где W – работа выполненная телом при падении с высоты, h – высота падения

Работа вычисляется по формуле:

$$W = F_{\text{тяж}} * v \quad (3)$$

$$\text{где } F_{\text{тяж}} - \text{сила тяжести} = m * g \quad (4)$$

V – скорость тела в момент соприкосновения с пластиной, определяемая по формуле:

$$V = a * t \quad (5)$$

где a – ускорение свободного падения; t – время падения

Время падения вычислим из выражения:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{a}} \quad (6)$$

При $h = 4$ м и $a = 9,81$ м/с, получим:

$$t = \sqrt{\frac{2*4}{9,8}} = 0,9 \text{ с}$$

При времени $t = 0,9$ с, скорость падения тела будет равна:

$$V = 9,8 * 0,9 = 8,8 \text{ м/с}$$

Работа, выполняемая телом массой $m = 15$ кг. При падении с высоты $h = 4$ м, будет равна:

$$W = 15 * 9,8 * 8,8 = 1293 \text{ кг/м}^3$$

Сила при падении груза будет равна:

$$F = 1293 / 4 = 323 \text{ Н}$$

Изгибающий момент на пластину при $F = 323$ Н и $l = 100$ мм, будет равен:

$$M = 323 * 100 = 32300 \text{ Нм} \cdot \text{м}$$

В наших расчетах мы примем условие, что половину нагрузки воспринимает дополнительно установленный гаситель, а вторую половину нагрузки воспринимает существующий гаситель. В этом случае изгибающий момент на пластину нового гасителя будет:

$$M = 16150 \text{ Нм} \cdot \text{м}.$$

Расчет пружин кручения для секции нового гасителя

На рисунке 8 представлена пружина кручения из круглой проволоки с прямыми концами, расположенными под углом 90° .

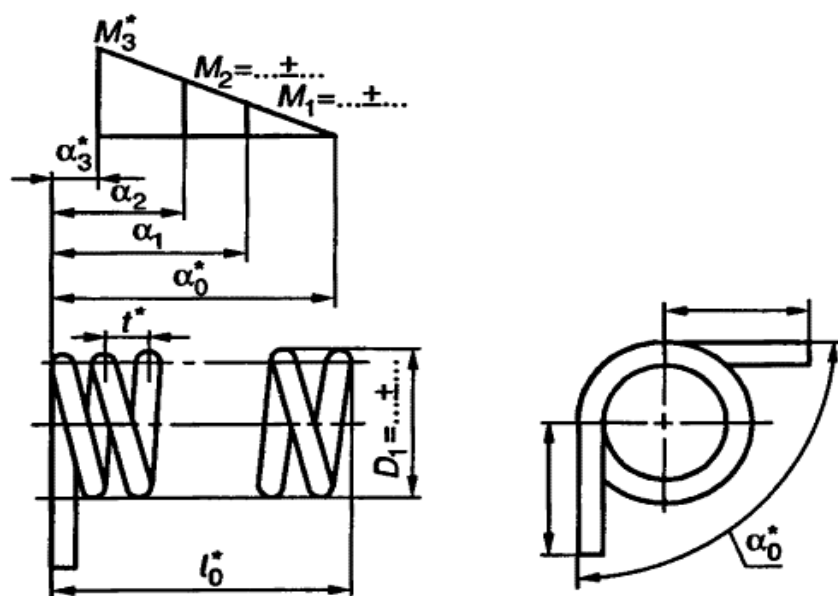


Рис. 8. – Пружина кручения из круглой проволоки с прямыми концами, расположенными под углом 90°

Исходные данные:

Параметры пружин кручения:

- Диаметр проволоки $d = 3 \text{ мм}$;
- Средний диаметр пружины $D = 22 \text{ мм}$;
- Зазор между витками пружины $d = 0,5 \text{ мм}$;
- Наибольший рабочий угол закручивания $\alpha_2 = 140 \text{ град}$;
- Наименьший рабочий крутящий момент $M_1 = 2000 \text{ Н} \cdot \text{мм}$;

- Наибольший рабочий крутящий момент $M_2 = 16150 \text{ Н} \cdot \text{мм}$;

Выносливость:

- Выносливость $NF = 10000000$ циклов;

Характеристики стали:

- Модуль упругости $E = 210000 \text{ МПа}$;

- Модуль сдвига $G = 78500 \text{ МПа}$;

- Динамическая плотность материала $\gamma = 8000 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$;

Результаты расчета:

1) Расчет пружин кручения из круглой проволоки

Класс пружин:

По табл. 1 ГОСТ 13764 – 86 классы и виды зависимости от $N_f k = 1$.

Т.к. $k = 1$:

Материал - проволока по ГОСТ 14963 - 78 ($F_3 = 140 - 6000 \text{ Н}$).

Максимальное касательное напряжение пружины:

$\tau_3 = 560 \text{ МПа}$.

2) Продолжение расчета по Расчет пружин кручения

Допускаемое напряжение на изгиб:

$$[\delta] = 1,25 \cdot \tau_3 = 1,25 \cdot 560 = 700 \text{ МПа.} \quad (7)$$

Индекс пружины:

$$i = D/d = 22/3 \approx 8$$

Коэффициент, учитывающий кривизну витка пружины:

$$K = (i - 0,25)/(i - 1) = (8 - 0,25)/(8 - 1) = 1,10714 \quad (8)$$

$$d = 3 \text{ мм} > (32 \cdot M_2 \cdot K / (\gamma [\delta])) \cdot (1/3) = (32 \cdot 11000 \cdot 1,10714 / (3,14159 \cdot 700)) \cdot (1/3) = 2,61693 \text{ мм}$$

(106,8199% от предельного значения) – условие выполнено.

Предварительное напряжение – имеется.

$$M_1 = 2000 \text{ Н} \cdot \text{мм} \cdot t \cdot 0,1; M_2 = 0,1 \cdot 16150 = 1615 \text{ Н} \cdot \text{мм} \quad M_1 = 2200 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$$\gamma \cdot 0,5 \cdot M_2 = 0,5 \cdot 16150 = 8075 \text{ Н} \cdot \text{мм} \quad (9)$$

Наименьший рабочий угол закручивания:

$$\alpha_1 = \alpha_2 \cdot M_1/M_2 = 90 \cdot 2000/16150 = 12 \text{ град.}$$

Предельный угол закручивания:

$$\alpha_3 = 1,25 \cdot \alpha_2 = 1,25 \cdot 90 = 112 \text{ град.}$$

Предельно допустимый крутящий момент:

$$M_3 = 1,25 \cdot M_2 = 1,25 \cdot 16150 = 20187 \text{ Нм} \cdot \text{м.}$$

$$q = \alpha_2 - \alpha_1 = 112 - 12 = 100 \quad (10)$$

Число рабочих витков пружины:

$$n = 1000 \cdot K \alpha_2 / (1,8 i [\text{сиз}]) \quad (11)$$

$$n = 1000 \cdot 1,10714 \cdot 90 / (1,8 \cdot 8 \cdot 700) = 9,8851$$

$$n = \text{int}(n) = \text{int}(9,8851) = 10 \quad (12)$$

Число рабочих витков пружины:

$$n = n + 1 = 10 + 1 = 11.$$

Наименьшее число витков:

$$n_{\min} = (\alpha_3 / 123,1)^4 = (112 / 123,1)^4 = 0,68 \quad (13)$$

$$n_{\min} = \text{int}(n_{\min}) = \text{int}(0,68) = 1$$

Наименьшее число витков:

$$n_{\min} = n_{\min} + 1 = 1 + 1 = 2.$$

Длина пружины в свободном состоянии:

$$l_0 = (n + 1) \cdot d + n d = (10 + 1) \cdot 3 + 10 \cdot 0,5 = 38 \text{ мм}$$

Расчет прочности пластины

Для расчета рассмотрим пластину как полосу с наименьшей ее шириной и длиной до оси вращения равной 323 Н. Силу возьмем из расчета равную 323 Н.

Определим и построим эпюры действующей силы Q и изгибающего момента M , для этой цели применим методы из курса сопротивления материалов, тогда:

$$F = +P_{II} = +8750 \text{ Н.}$$

$$M = -P_{II} \cdot l = -323 \cdot 0,125 = -40 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

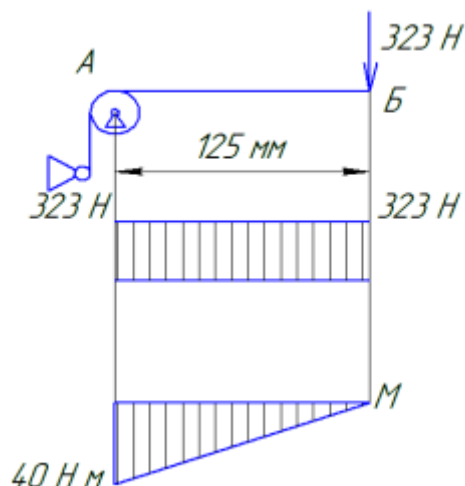
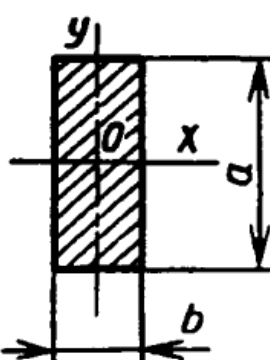
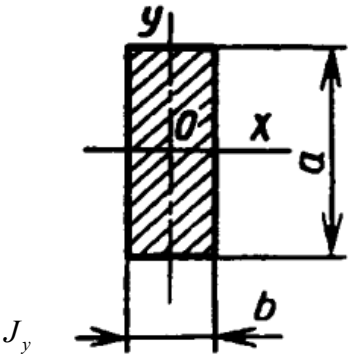


Рис. 9. – Схема закрепления балки

Таблица № 1

Характеристика сечения

Номера частей	Площади частей	Моменты инерции площадей, см^4	
		J_x	J_y
			
		$W_x = \frac{ba^2}{6}$	$W_y = \frac{ab^2}{6}$
1	8,98	89,4	12,8

При этом пластину будем считать, как полосу с толщиной 5 мм и шириной 42 мм (самое узкое место пластины).

Момент сопротивления сечения относительно оси x_0 определяется по формуле:

$$W_x = \frac{0,5 \cdot 4,2^2}{6} = 1,47 \text{ см}^3 \quad (14)$$

$$W_y = \frac{4,2 \cdot 0,4^2}{6} = 0,11 \text{ см}^3$$

Далее расчет ведем по наименьшему значению.

Наибольшее напряжение в сечении определяется по формуле:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} \leq [\sigma] \quad (15)$$

где M_{\max} – максимальный изгибающий момент;

W_x – момент сопротивления сечения;

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение в сечении, предел пропорциональности стали Ст3 равен $\sigma_n = 200 \text{ МПа}$

Предел пропорциональности σ_n – это такое напряжение, меньше которого в материале после снятия нагрузки не остается деформаций:

$$\sigma_n < \sigma_T \ll \sigma_s$$

$$\sigma_{\max} = \frac{40}{0,112} = 357 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} = 36 \text{ МПа}$$

Следовательно, пластина имеет достаточный запас прочности.

Мусоросброс секционный предназначен для удаления строительного мусора с этажей строящихся зданий. При помощи мусоросброса возможно удаление строительного мусора с одновременной загрузкой его в мусорные контейнеры или кузов автомобиля. Мусоросброс экономит средства, т.к. уменьшает затраты на удаление мусора и загрузку мусорных контейнеров.

Мусоросброс улучшает экологическую обстановку на строительной площадке и вокруг нее, позволяет значительно уменьшить образование пыли при операции удаления мусора [5]. Мусоросброс увеличивает безопасность

проведения строительных работ [3, 4]. Мусоросброс при помощи карабинов легко и быстро монтируется и разбирается, крепится с помощью крепежных рам к строительным лесам из металла и к стенам строящегося или ремонтируемого здания.

Мусоросброс состоит из конусов, изготовленных из полиэтилена. Конуса крепятся между собой при помощи стальных цепей и карабинов. При сборке необходимо соблюдать правило: когда конусы вывешены, нижний срез верхнего конуса должен находиться ниже верхнего среза нижнего конуса не менее чем на 100 мм. Конуса изготавливаются двух типов: конус прямой и конус приемный. Конус приемный служит для приема строительного мусора в МС и устанавливается по колонне мусоросброса (рукава для сброса мусора) в тех местах, где производится сброс мусора.

Колонна мусоросброса вывешивается строго вертикально вдоль здания и крепится при помощи имеющихся в комплекте крепежных кронштейнов к элементам здания, согласованным с заказчиком. При этом несоосность отверстий конусов не более $\pm 1,5$ см. Во избежание поломки нижнего конуса необходимо следить за полным удалением мусора из-под этого конуса и вокруг него. Во избежание застревания строительного мусора в элементах МС не допускается сброс кусков мусора размером более 35 см или навалом одновременно кусков размером более 20 см, острых кусков металла, арматуры и стекла. В случае застревания нескольких крупных частиц в конусе МС не разбирая колонну необходимо с вышки или из проема окна постукиванием деревянным брусом по наружной части конуса.

Во избежании поломки конусов не допускать резких изгибов колонны мусоросброса.

Для закрепления колонны мусоросброса следует использовать только кронштейны, входящие в комплект или согласованные с изготовителем.

При хранении в отапливаемых помещениях, мусоросбросы должны храниться на расстоянии не менее 0,5 метра от отопительных приборов.

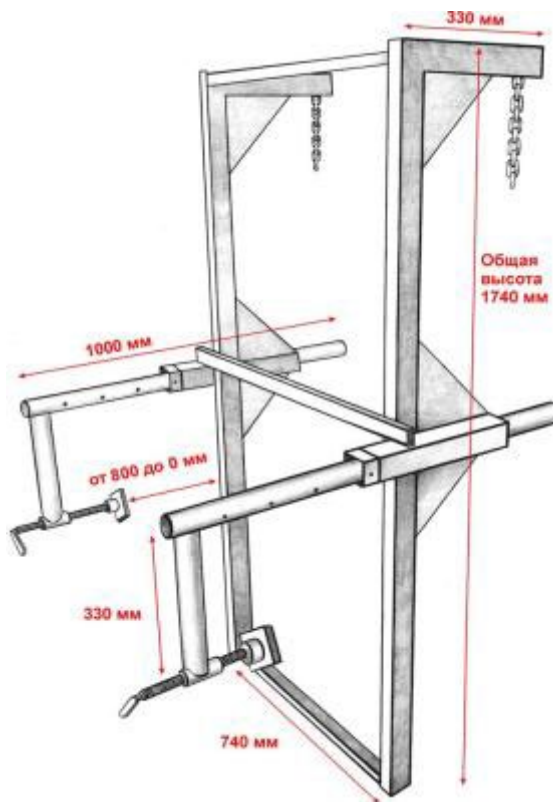


Рис. 10. – Универсальный кронштейн крепления

Выводы

Используемые при реставрации зданий методы и способы удаления строительного мусора с этажей зданий и сооружений не всегда отвечают ряду требований экологической безопасности и охране труда. Поэтому с целью дальнейшего улучшения условий и безопасности труда на строительной площадке предложено внедрить дополнительный усовершенствованный гаситель скорости, ожидаемый экономический эффект достигает 16155,5 руб./год. Окупаемость разработки в течение 0,6 года. Дополнительно оснастить рабочее место на участке с мусоросбросом, предупреждающими табличками и инструкциями по работе с мусоросбросом. Не допускать к работе лиц, не прошедших инструктаж по работе с мусоросбросом. Устранить существующие нарушения по пожарной безопасности.

Литература

1. Олейник С.П. Строительные отходы при реконструкции зданий и сооружений // Отходы и ресурсы. 2016. Том 3 (2). С. 1-10. doi.org/10.15862/02RRO216
2. Розина В.Е., Дагбаева Ю.Б. Управление системой переработки строительных отходов // Universum: технические науки. 2019. № 6 (63). С. 32-34.
3. Права работников службы охраны труда. URL: trudohrana.ru/what/20194/ (дата обращения 10.04.2025).
4. Должностная инструкция инженера по охране окружающей среды. URL: aup.ru/docs/di/015.htm (дата обращения 26.05.25)
5. Опасность строительного мусора. URL: musor1.ru/articles/opasnost-stroitel'nogo-musora (дата обращения 25.05.24)
6. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т. 1. М.: Машиностроение, 2006. 928 с.

7. Avdagić A., Husetić A. The Role of Recycled Materials in Sustainable Construction // Lecture Notes in Networks and Systems. vol 1484. pp 436-442 doi.org/10.1007/978-3-031-95200-5_48

8. Wan C., Shen G.Q., Choi S. Waste Management Strategies for Sustainable Development // Living reference work entry. 2019. pp 1-9. doi.org/10.1007/978-3-319-63951-2_194-1

9. Михайлов А.М. Сопротивление материалов. М.: «Академия», 2009. 448 с.

10. Попов А. А. Производственная безопасность: учебное пособие /, 2-е изд., испр. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 432 с.

References

1. Oleinik S.P. Otxody i resursy. 2016. Volume 3 (2). pp. 1-10. doi.org/10.15862/02RRO216

2. Rozina V.E., Dagbaeva Yu.B. Universum: texnicheskie nauki. 2019. No.6 (63). pp. 32-34

3. Prava rabotnikov sluzhby` oxrany` Truda [The rights of employees of the labor protection service]. URL: trudohrana.ru/what/20194. (date assessed 04/10/2025).

4. Dolzhnostnaya instrukciya inzhenera po oxrane okruzhayushhej sredy [Job description of the environmental engineer]. URL: aup.ru/docs/di/015.htm (accessed 26.05.25)

5. Opasnost` stroitel`nogo musora [The danger of construction debris]. URL: musor1.ru/articles/opasnost-stroitelnogo-musora (date assessed 05/25/24)

6. Anuryev V.I. Spravochnik konstruktora-mashinostroitel'ya [Handbook of a mechanical engineering designer]. Moskva: Mashinostroenie, 2006. 928 p.

7. Avdagić A., Husetić A. The Role of Recycled Materials in Sustainable Construction. Lecture Notes in Networks and Systems. Volume 1484. pp 436-442. doi.org/10.1007/978-3-031-95200-5_48



8. Wan C., Shen G.Q., Choi S. Living reference work entry. 2019. pp 1-9. doi.org/10.1007/978-3-319-63951-2_194-1
9. Mikhailov A.M. Soprotivlenie materialov [Resistance of materials]. Moskva: "Academia", 2009. 448 p.
10. Popov A.A. Proizvodstvennaya bezopasnost' [Industrial safety: A textbook]. Sankt - Peterburg: Lan, 2021. 432 p.

Дата поступления: 18.11.2025

Дата публикации: 26.12.2025