

**Л.А. ХМАРА, докт. техн. наук.**

*Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры*

**В.А. ТАЛАЛАЙ, канд.техн.наук, В.А. ГРИНЮК, студент.**

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры*

## **ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН.**

**Введение.** Metallokonstrukcii stroytelnykh i dorozhnykh mashin dolzhny udovletvorять требованиям не только прочности, но и экономичности. Проблемы повышения прочностных характеристик металлоконструкций (МК) строительных дорожных машин стали особенно актуальны в данное время. Постоянное увеличение мощности, совершенствование геометрии рабочих органов являются основными предпосылками. Одной из главных целей при проектировании современных машин является максимальное уменьшение металлоемкости конструкции, применение и интеграция более дешевых по стоимости материалов без потери несущей способности, прочностных свойств и ряда других физико-механических характеристик.

**Особенности существующих методов повышения прочности конструкций строительных машин.** Прочностью называют свойство твердых тел сопротивляться разрушению, а также необратимыми изменениями формы. Основным показателем прочности является временное сопротивление, определяемое при разрыве образца определенной формы, предварительно подвергнутого отжигу [1].

Одним из путей повышения срока эксплуатации МК является увеличение прочности самой стали металлургическими способами. Их сущность заключается в: 1- удалении из сталей вредных металлических включений и газов, 2-изменение химических составов сталей за счёт применения легирующих элементов улучшающих различные свойства сталей. К первому способу относятся: электрошлаковый переплав, вакуумно-дуговой переплав, переплав в электроннолучевых печах, рафинирование синтетическим шлаком и др. Касательно второго способа, отношение имеют легирующие элементы такие как: вольфрам, ванадий, кремний, марганец, медь, титан, кобальт и д.р.

Важными параметрами, влияющими на прочность стали для МК являются виды термической и химико-термической обработки. К этим видам относятся: отжиг, закалка, отпуск.

Отжиг бывает 1-го и 2-го рода. Отжиг первого рода применяется для выравнивания структуры, при обработке, снятие или уменьшении остаточных внутренних напряжений, возникающих при различных технических операциях. С помощью отжига 2-го рода, или полного отжига, изменяют структуру сплава и устраняют внутренние напряжения. Заготовки нагревают до температуры, пресыщающей на 30-50°C температуру фазового превращения, и медленно охлаждают вместе с печью. Такой процесс термообработки проводят после штамповки, отливки заготовок, а также после черновой механической обработки с целью понижения твердости [2].

Закалку применяют для повышения твердости и прочности материала. Она происходит при 850-900°C (для большинства конструктивных сталей).

Отпуск осуществляется путем нагрева закалённых заготовок до температуры лежащей ниже температуры фазовых превращений.

Суть химической обработки заключается в тепловой обработке металлов в различных химически активных средах с целью повышения прочностных и антикоррозионных свойств металла. Различают: цементацию – процесс насыщения низкоуглеродистой (до 0,3% содержания углерода); азотирование- процесс диффузного насыщения азотом поверхностного слоя заготовок, изготовленных из легированных сталей, такая поверхность обладает высокой износостойкостью сохраняя при повторных нагревах до 500-600°C; цианирование- процесс одновременного насыщения поверхностей заготовок азотом и углеродом, применяется для увеличения прочностных свойств поверхности заготовки; диффузионная металлизация- это процесс насыщения поверхностного слоя заготовок различными химическими элементами при совместном их нагревании и выдержке. В зависимости от используемого элемента процессы металлизации получили названия: алитирование, хромирование и т.д. [1].

В связи с развитием нанотехнологий(от греч. *nanu*-карлик) особо актуален стал вопрос их применения в металлоконструкциях. Нанотехнология — область прикладной науки и техники, имеющая дело с объектами размером менее 100 наномеров (1 нанометр равен  $10^{-9}$  метра). [3] Применение наноматериалов позволяют повысить прочность, увеличить время эксплуатации. Изготовленные по новой технологии МК изделия имеют ресурс работы на 200-500% больше, чем те, которые применяются в данное время. [4]. Нанотехнология сейчас находится в начальной стадии развития, поскольку основные открытия, предсказываемые в этой области, пока не сделаны. Тем не менее, проводимые исследования уже дают практические результаты. Использование в нанотехнологии передовых научных результатов позволяет относить её к высоким технологиям.

Существуют также «конструктивные» меры направленные на увеличение прочности металлоконструкции. Суть этого метода заключается в увеличении поперечного сечения за счет симметричного расположения привариваемых элементов (рис. 1). Этими элементами в основном являются стандартные профили металлопроката [5].

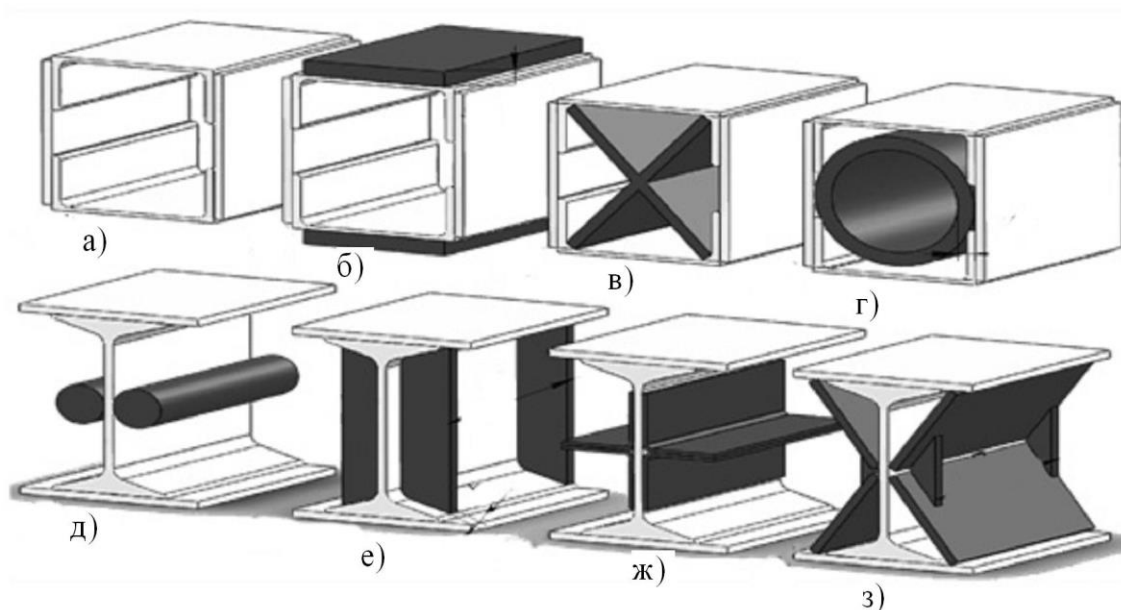


Рис. 1. Способы увеличения прочности балок коробчатого сечения и двутавров: а - балка без усиления; б - балка с усиливающими пластинами; в - балка с усиливающими ребрами; г-балка с усиливающей трубой; д – двутавр с усиливающими арматурными стержнями; е - двутавр с усиливающими ребрами; ж - двутавр с усиливающими уголками; з - двутавр с Х-образными усиливающими элементами.

В современном производстве рабочего оборудования машин для земляных работ данный метод заключается в наваривании на стандартное оборудование усиливающих накладок (рис.2) [5, 6].



Рис.2. Бульдозеры с увеличенными прочностными характеристиками толкающих брусьев: 1 - толкающий брус; 2 – усиливающие накладки.

Определение рациональных геометрических форм металлоконструкций рабочего оборудования СДМ на основании анализа прочностных показателей с применение программного обеспечения CAD Solid Works Simulation 2010.

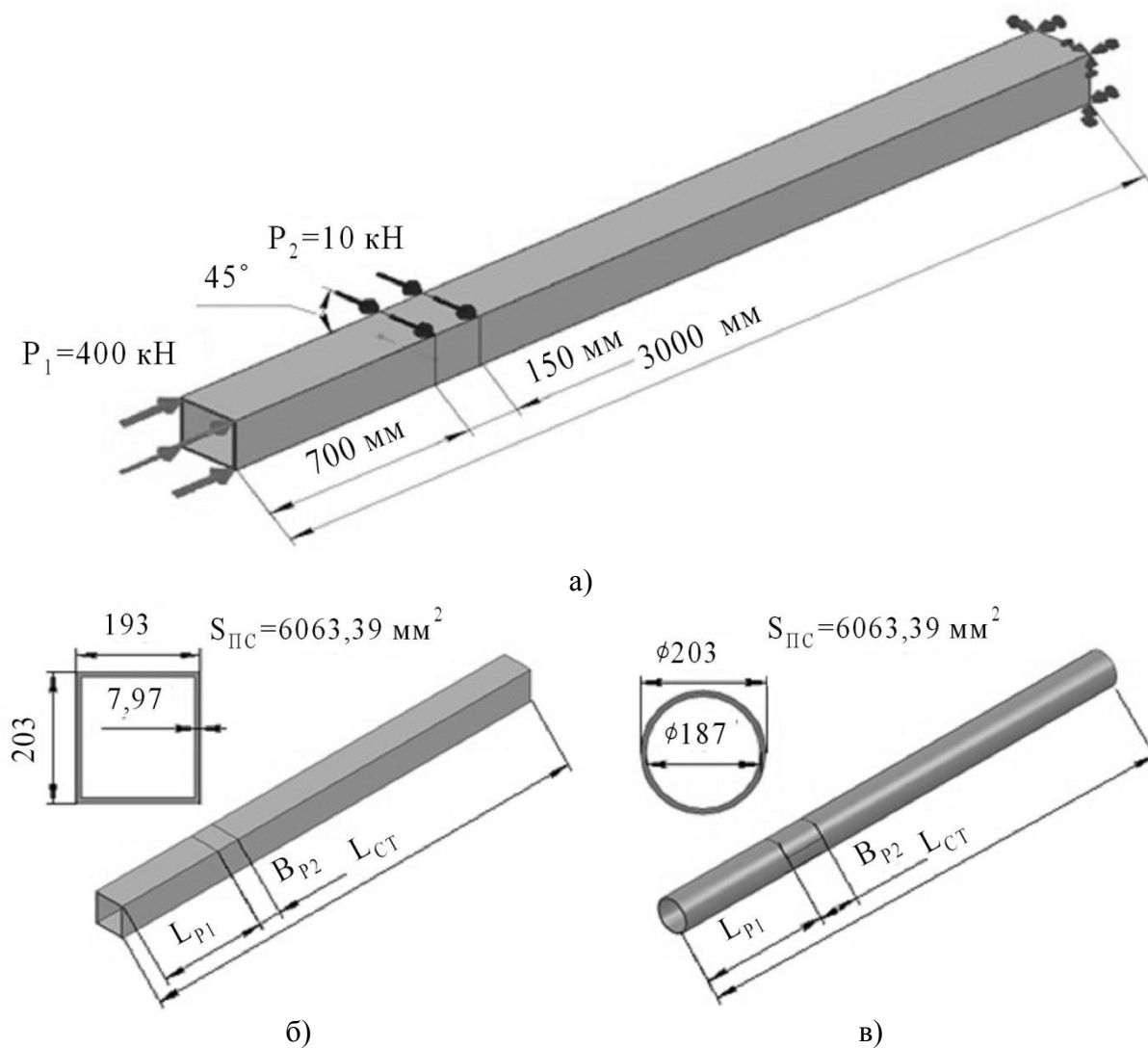


Рис.3. Схемы нагружения балок; а – общая схема; б - коробчатая балка; в - трубчатая балка.

Для проведения прочностного анализа в CAD Solid Works Simulation 2010 были определены некоторыми начальными условиями:

- $P_1=400\text{кН}$ ,  $P_2=10\text{кН}$ ,  $L_{\text{стержня}}=3000\text{мм}$ ,  $L_{P2}=700\text{мм}$ ,  $B_{P2}=150\text{мм}$ ,  $S_{\text{ПС}}=6063,39\text{мм}^2$  (рис.3, а);
- материал - простая углеродистая сталь;
- форма: коробчатая балка (рис.3, б), трубчатая балка (рис.3, в)

В данной CAD системе при прочностном и других расчётах используется метод конечных элементов (МКЭ) [7] — численный метод решения задач прикладной физики.

На основании проведенного анализа были получены эпюры напряжений и эпюры запаса прочности исследуемых элементов (рис.4) и данные об изменении исследуемых факторов от воспринимаемых нагрузок, которые представлены в таблице, детально рассмотрение которых позволило построить диаграммы нагружения (рис.5,а) и запаса прочности балок (рис.5,б).

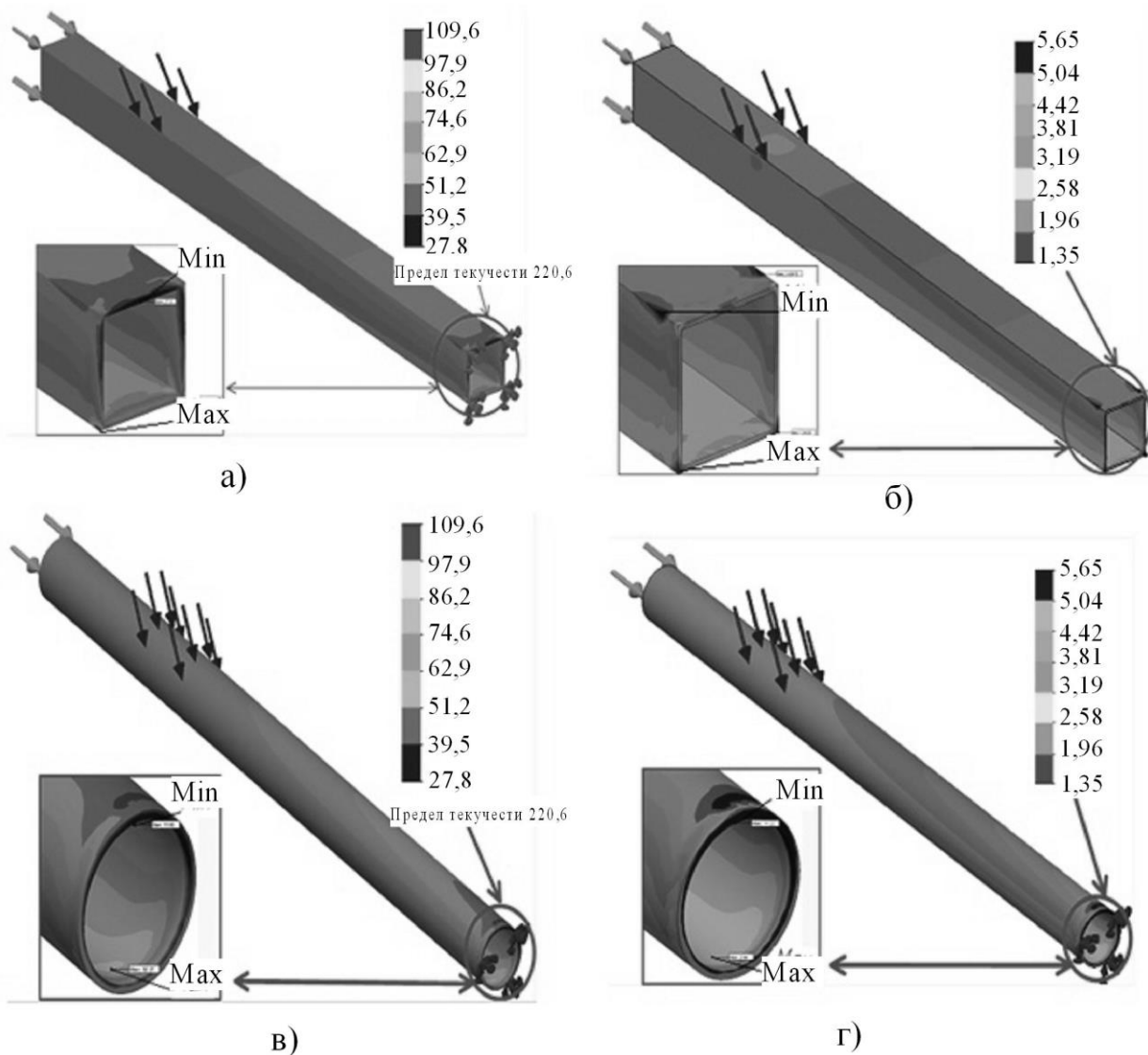


Рис.4. Эпюры: а - напряжений коробчатой балки; б - запаса прочности коробчатой балки; в - напряжений трубчатой балки; г - запаса прочности трубчатой балки.

Таблица 1.

Результаты статического исследования в CAD Solid Works Simulation 2010

№ п/п Вид сечения	Напряжение, МПа			Перемещение, мм			Запас прочности		
	Max	Min	Средне-квадратичное	Max	Min	Средне-квадратичное	Max	Min	Средне-квадратичное
1 Коробчатое	109	27.8	68.3	2.49	0.01	1.29	5.65	1.35	3.39
2 Трубчатое	90.3	19.7	66,1	2.64	0.01	1,34	11.2	2.44	3.44
Сравнительный процентный показатель отношения величин соответствующих характеристик трубчатого сечения									
	+17.6%	+29.1%	3.2	-6%	-	-3.8%	+98%	+80%	+1.47

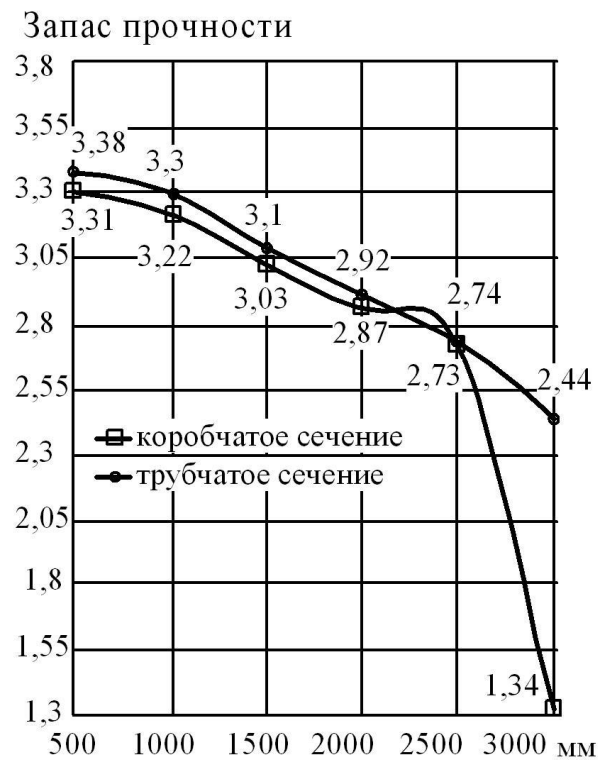
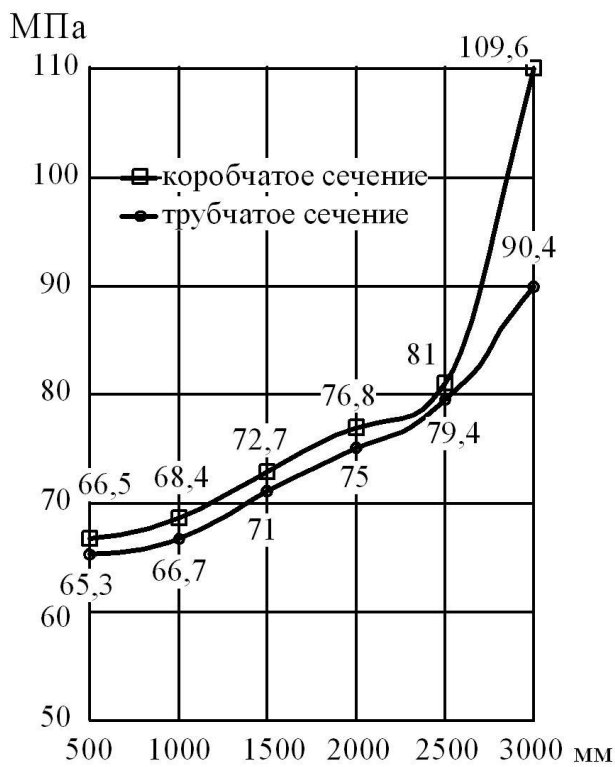


Рис.5. Диаграммы: а - напряжений балок; б - запаса прочности балок.

Создание конструкций РО СДМ с повышенными прочностными параметрами.

Наиболее эффективным способ повышения прочности конструкции РО СДМ является применение заполнителя полых объемов МК различного сечения. Однако суть предлагаемого метода повышения прочности конструкции РО состоит из нескольких этапов:

- аналитический, т.е. в анализе (расчете и моделировании) сил действующих на МК, приоритета их направления, нахождения наиболее нагруженного участка подвергающегося разрушительному воздействию как статической, так и динамической нагрузки (рис.6).
- конструктивный, заключающийся в местном упрочнении наиболее нагруженного участка путем применения заполнителя (рис.6).

Для пояснения предлагаемого метода, в качестве примера, рассмотрена конструкция толкающего бруса бульдозера (см. рис.6).

Особенностью данного метода конструирования РО СДМ является относительно простая технология их изготовления и существенная экономия металла при высокой несущей способности.

Создание трубобетонных конструкций РО СДМ обладающих повышенными прочностными параметрами.

Применимо к МК СДМ использование в качестве заполнителя полых (пустотных) конструкций - бетоном (трубобетонирование), для различных узлов СДМ рационально в совокупности с армированием либо микроармированием [8].

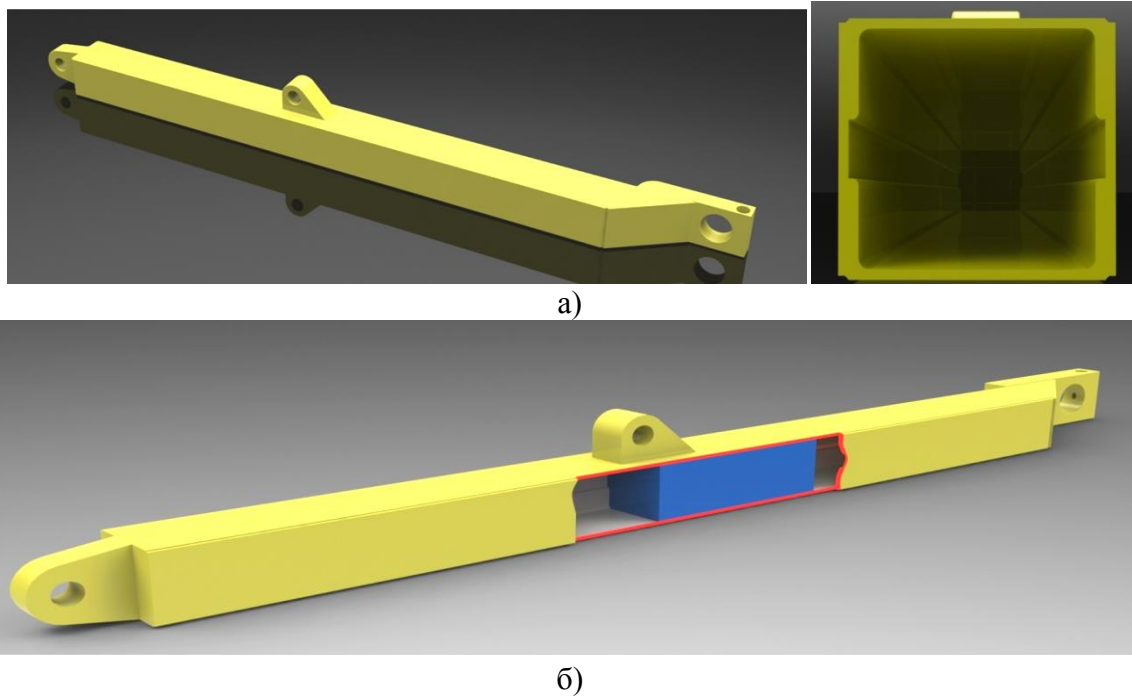


Рис. 6. Конструктивный этап метода повышения прочности толкающего бруса: а - конструкция бруса до упрочнения; б - полость зоны концентрации напряжений упрочненная заполнителем.

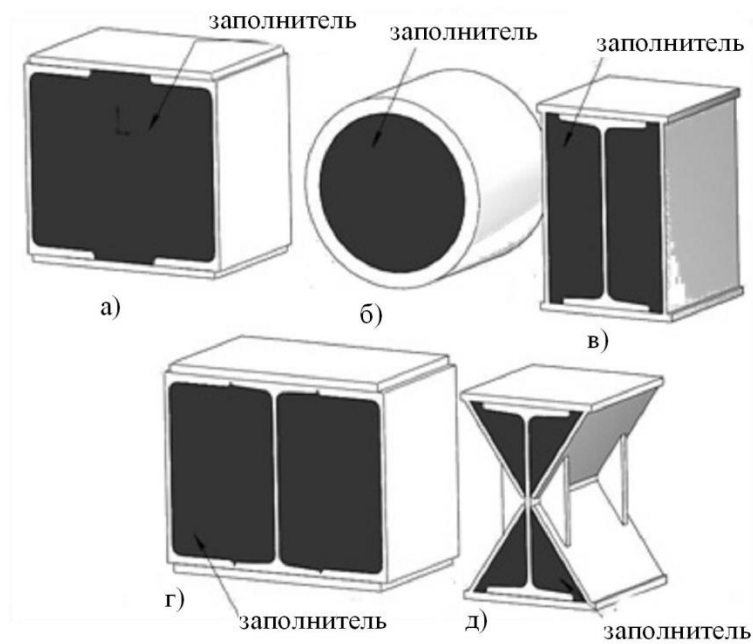


Рис. 7. Увеличения прочности металлоконструкций путем применения заполнителя: а – балка, выполненная из швеллеров; б – труба; в – балка усиленная двутавром; г – балка, выполненная из швеллеров и усиленная двутавром; д - двутавр с X-образными усиливающими элементами.

Многими исследователями трубобетона отмечалось, что труба начинает работать как обойма лишь в стадии близкой к разрушению бетона, до этого труба является лишь опалубкой, если ее не включить в работу специальными мероприятиями. Данный недостаток

является очень важным аспектом применимо к МК СДМ, и его можно устранить следующими конструктивными решениями:

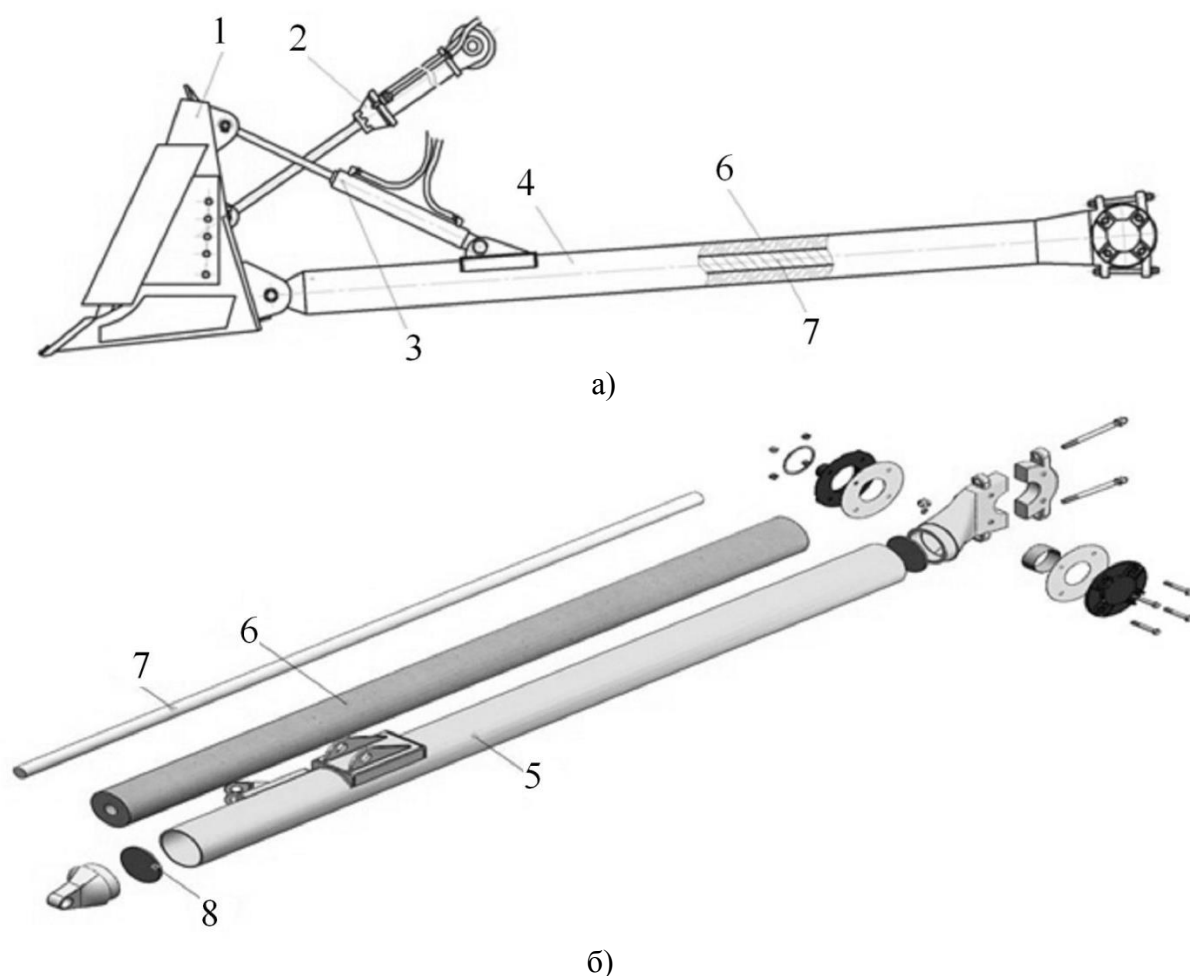


Рис. 7. Бульдозерное рабочее оборудование с повышенной прочностью толкающего бруса: а) – вид общий; б) - изометрический вид толкающего бруса в разнесенном состоянии: 1 - отвал; 2 - гидроцилиндр подъема; 3 - гидроцилиндр изменения угла наклона отвала; 4 - толкающий брус; 5 - труба круглого сечения; 6 - наполнитель; 7 - арматурный стержень; 8 - стопорная крышка.

- создавать трубобетонную конструкция РО с минимальной толщиной стенки, но при этом усилить конструкцию центральным армированием (применением металлического стержня заключенного в бетон) ;

- приварить с помощью электродуговой сварки к внутренним стенкам профиля заполняемой конструкции элементы для увеличения адгезии.

На основании предложенной методики трубобетонирования с центральным армированием была создана конструкция бульдозерного РО повышенной прочности (рис.7)

Конструкции РО СДМ повышенной прочности созданные на основании предложенных методик.


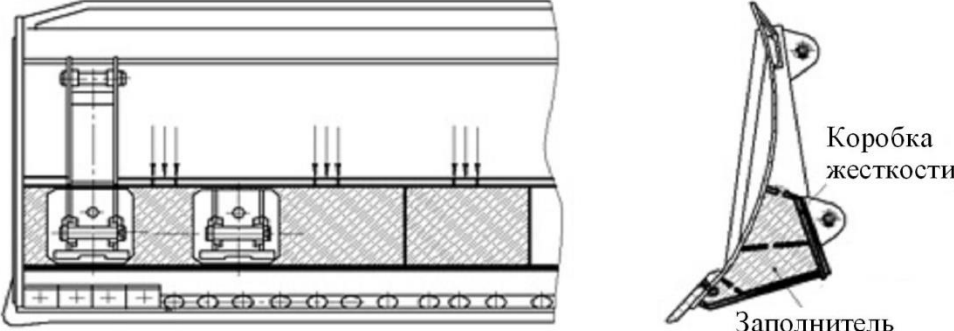



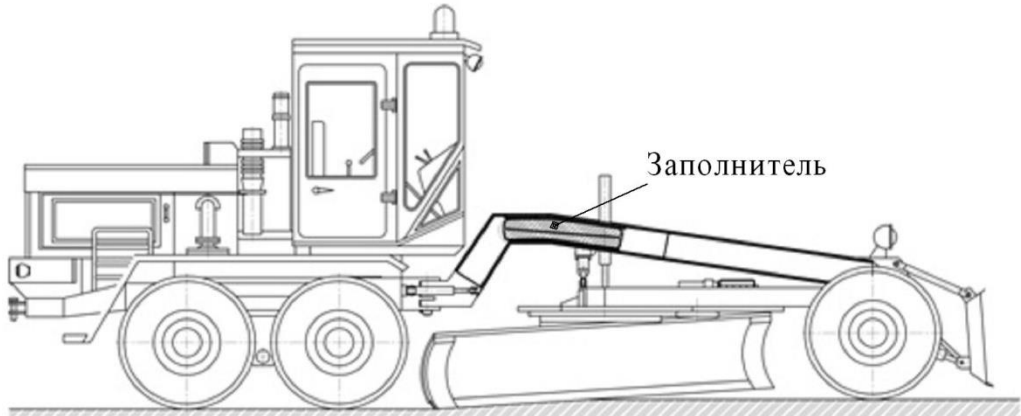
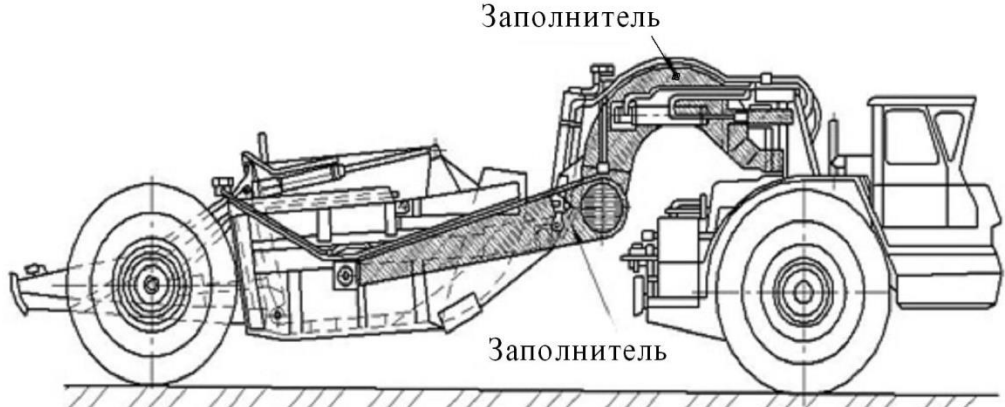
Создание новых технических решений (ТР) произведем за счет формирования РО СДМ по методу местного упрочнения путем применения заполнителя, а также по методу частичного и полного трубобетонирования с применением армирующих элементов [8].

На основании приведенных методик были сформированы новых технических решений представленные на рис.7, а также сведены в таблицу 2.

Таблица 2.

Сформированные ТР конструкций СДМ повышенной прочности

Наименова-	Конструкция
1	2
Бульдозерное оборудование	
Отвал	
Экскаватор	

1	2
Автогрейдер	 <p>Заполнитель</p>
Скрепер	 <p>Заполнитель</p> <p>Заполнитель</p>

**Выводы.** В результате проведенного анализа методик повышения прочности конструкций рабочего оборудования СДМ, а также предложенных в статье новых путей и сформированных ТР, можно сделать следующие заключения:

1 – придание профилю балочным конструкциям СДМ трубчатой формы способствует повышению прочности и долговечности конструкции;

2 – метод применения заполнителя, как по всему объему полой конструкции, так и в отдельных зонах избыточного напряжения, позволяет повысить прочность конструкции на 25-30% относительно традиционной, а также способствует снижению возникающих напряжений и уменьшают деформации в металлоконструкции, что повышает долговечность и работоспособность оборудования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Чумаченко Ю.Т , Чумаченко Г.В Материаловедение.-4-е изд.,перераб.-Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 320 с.

2. Г.А. Барышев Материаловедение : конспект лекций . – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 140 с.
3. Ч. Пул, Ф.Оуэнс Мир материалов и технологий. Нанотехнологии. Перев. с англ. под ред. Ю.И. Головина.-Москва.:Техносфера.,-2004.-319 с.
4. Н. Кобаяси Введение в нанотехнологию.-2-е изд.Перев. с японского. под ред. Л.Н Патрикеева.-Москва.;Бином. Лаборатория знаний-2008.-133 с.
5. Максименко А.Н Диагностика строительных дорожных и подъёмно-транспортных машин: учеб. пособие/ А.Н. Максименко, Г.Л. Анипенко, Г.С. Лягушев. – СПб. :БХВ-Петербург, 2008.- 302 с.
5. <http://cntractorchina.en>.
6. <http://www.uralgeomash.ru>.
7. <http://www.solidworks.ru/products/solidworks>.
8. Хмара Л.А., Талалай В.А. «Повышение прочностных характеристик металлоконструкций СДМ» Интерстроймех-2010: сб. докл. Междунар. научно-практ. конференции.- Белгород. Изд-во БГТУ, 2010.-Т.2. – С. 205-214.

**УДК 621.868.27**

**Л.А. ХМАРА, докт. техн. наук, С.В. ШАТОВ, канд. техн. наук.**

*Придніпровська державна академія будівництва та архітектури*

## **ВИКОРИСТАННЯ НАВАНТАЖУВАЧІВ ДЛЯ РОЗБИРАННЯ ЗАВАЛІВ ЗРУЙНОВАНИХ БУДІВЕЛЬ**

**Проблема.** Стихійні лиха та техногенні аварії, які час від часу трапляються в Україні і світі, приводять до руйнування будівель і споруд. Під завалами цих руйнувань знаходяться потерпілі. Для розбирання завалів використовуються різноманітні засоби механізації, які не завжди відповідають вимогам цих робіт. Тому потрібна розробка наукових основ проектування машин для термінового розбирання завалів.

**Аналіз публікацій.** Виконання рятувальних робіт у Вірменії, Нью-Йорку, Дніпропетровську, Євпаторії [1, 2, 3] показало, що завали, під якими можуть бути потерпілі, потрібно розбирати за найкоротший термін - 6...8 годин [7]. Найбільший термін перебування людей під завалами, якщо вони не травмовані, мають доступ повітря та води, може скла-