



Техніка для земляних та дорожніх робіт

УДК 621.878.2

Л.А. Хмара, д. т. н., професор.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури.

В.А. Талалай, к.т.н., доцент.

Донбасська національна академія будівництва та архітектури

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕМЕНТОВ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНО-ДОРОЖНЫХ МАШИН ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАПОЛНИТЕЛЯ

Введение. Проблемы повышения несущей способности металлоконструкций (МК) строительных и дорожных машин являются актуальными в данное время. Совершенствование геометрии рабочих органов и методов конструирования являются основными предпосылками. Главной целью проектирования современных машин является максимальное уменьшение металлоемкости конструкции и повышение несущей способности, прочностных свойств и ряда других физико-механических характеристик.

Определение рациональных геометрических форм металлоконструкций рабочего оборудования СДМ

Конфигурация металлоконструкций строительных и дорожных машин (МК СДМ) в процессе работы не является постоянной, а внешние силы, воздействующие на рабочий орган и другие узлы универсальных машин непрерывно изменяются, будь-то машина циклического или постоянного действия, следовательно, вопросы выбора оптимального конструктивного решения в этом случае, особо актуальны.

Особенностью работы металлоконструкций рабочего оборудования является динамический режим, при котором конструкции испытывают переменные во времени напряжения (рис.1).

Напряжения, представленные на рис.1 ведут к фактору усталости материала, а следовательно, уменьшению долговечности конструкции, что можно пронаблюдать также рассмотрим:

- расчет по допускаемым напряжениям [1, 2, 3, 4]:

$$\sigma \leq [\sigma] = \frac{\sigma_{II}}{n}, \quad (1)$$

где σ - от действия основных и случайных или аварийных нагрузок.

$[\sigma]$ - допускаемое напряжение;

σ_{II} - предельное напряжение для данного материала;

n - коэффициент запаса прочности.

Или расчет на устойчивость или усталость, где формула (1) принимает вид:

$$\sigma \leq \varphi \cdot [\sigma] \quad \text{или} \quad \sigma \leq \gamma \cdot [\sigma] \quad (2)$$

где: φ и γ - коэффициенты учитывающие соответственно снижение допускаемого напряжения в задачах устойчивости и усталостного разрушения конструкции.

Применение профилей коробчатого сечения (рис.1) не всегда является рациональным решением при проектировании металлоконструкций СДМ.

Составные части этих балок - уголки, швеллеры были изготовлены с ориентацией на строительную отрасль.

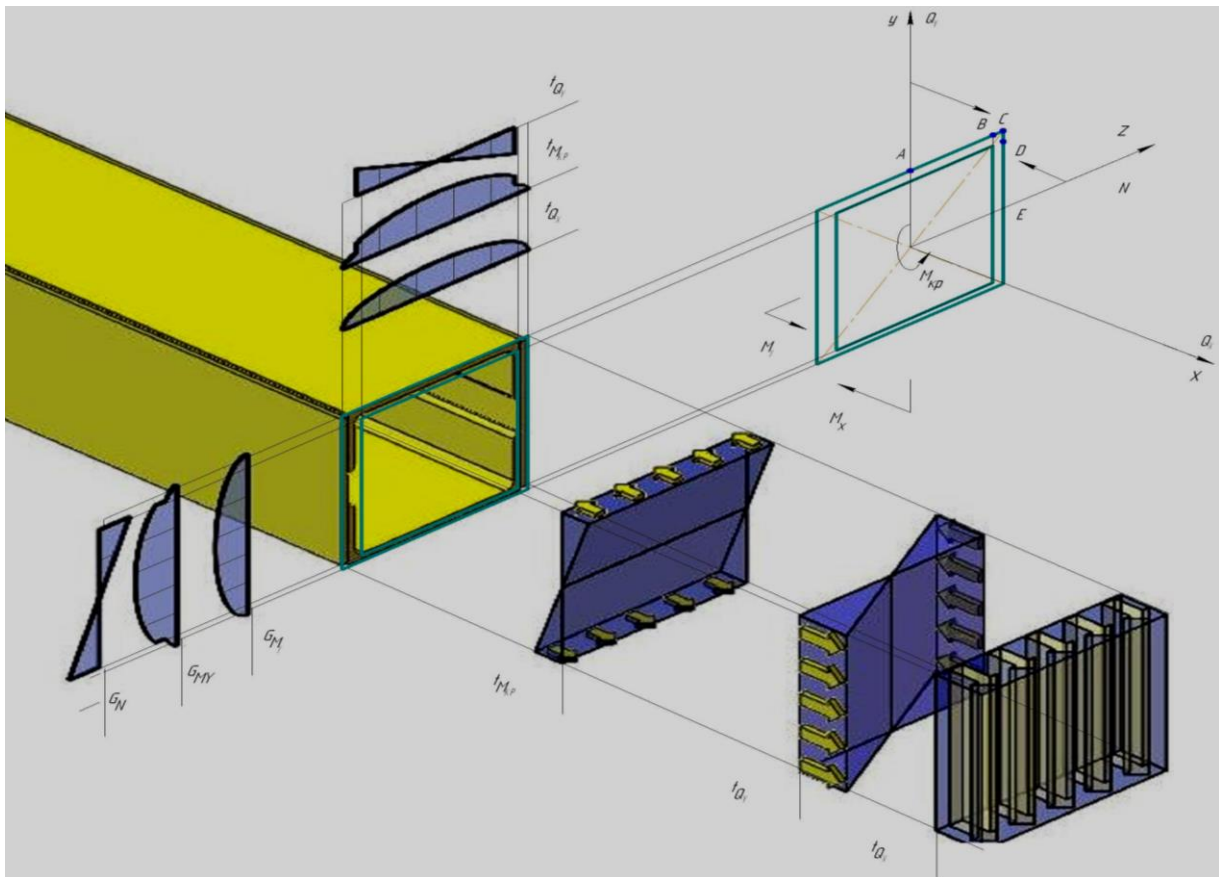


Рисунок 1. Схема возникающих напряжений в пустотном элементе.

Альтернативным вариантом может стать применение круглых полых профилей, т.е. труб, воспринимающих действие динамических и статических нагрузок менее разрушительно и обладающих большим запасом прочности (рис. 2).

Также применение труб позволяет снизить влияние коррозионной среды за счет уменьшения удельной поверхности конструкций. Коэффициент влияния типа сечения на скорость коррозии для труб равен 1; для замкнутого коробчатого сечения – 1,1; для листа, одиночного проката или гнутого профиля – 1,4; для составного профиля – 2,0 [5, 6, 7]. Значит, такое решение теоретически позволит снизить скорость коррозии в 2 раза, так как наиболее распространены составные профили. Использование труб в МК СДМ обеспечивает следующие преимущества [8, 9,]:

- снижение расхода стали на 30-50% по сравнению с аналогичными конструкциями, выполненными из профилей;
- повышение технологичности антикоррозионных покрытий и снижение их площади на 30-50%;
- повышение долговечности конструкции на 40%.

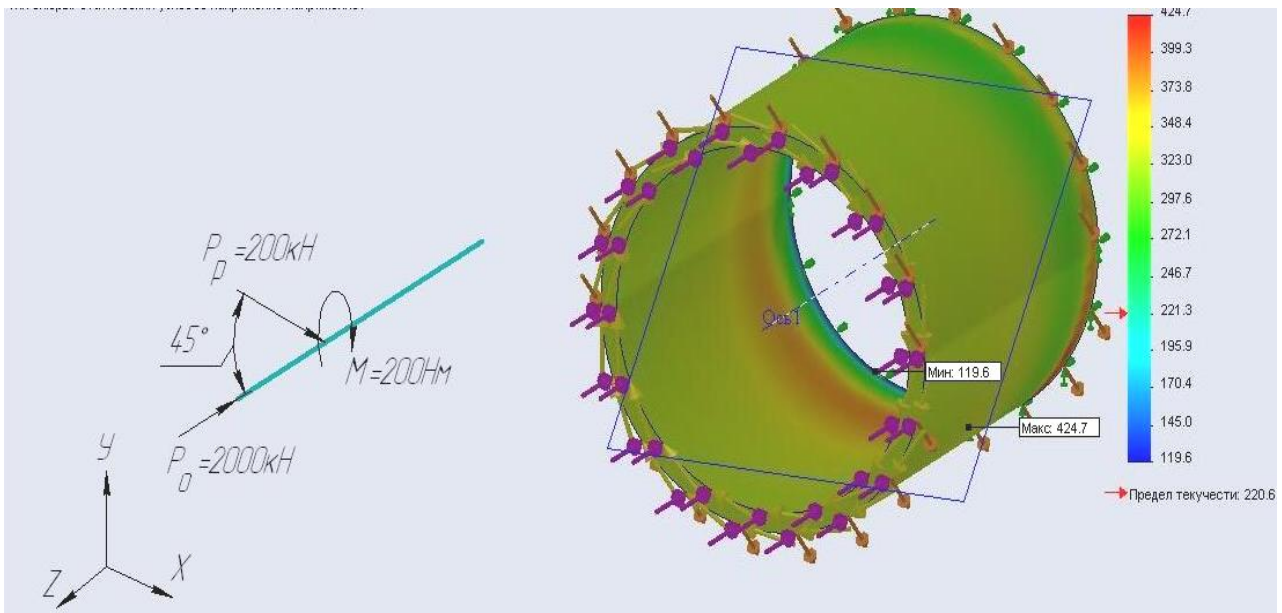


Рисунок 2. Схема нагрузок действующих на профиль – труба.

Анализ несущей способности пустотных элементов

Для проведения прочностного анализа были определены некоторыми начальными условиями: 1) материал - простая углеродистая сталь; 2) форма: коробчатая балка, трубчатая балка.

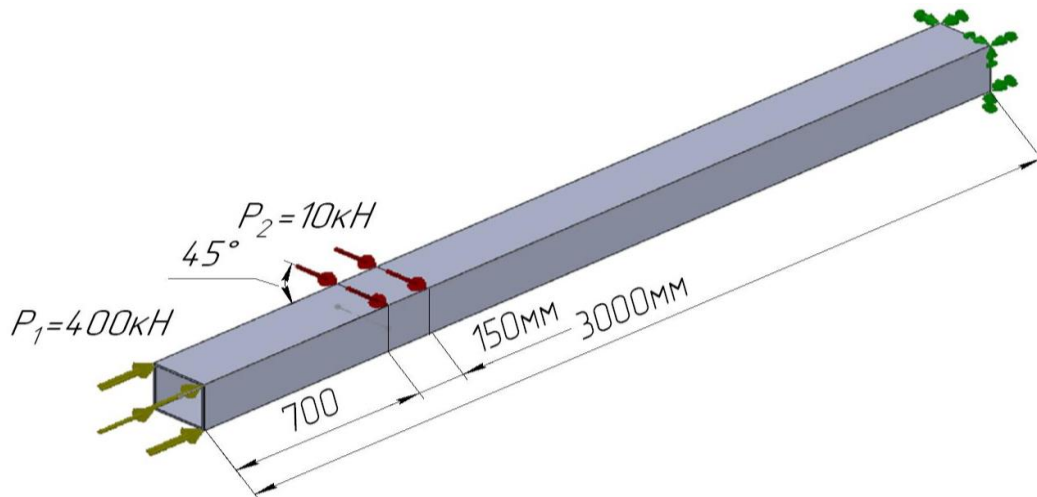


Рисунок 3. общая схема нагружения балок.

На основании проведенного анализа были получены эпюры напряжений исследуемых элементов (рис.4, 5) и данные об изменении исследуемых факторов от воспринимаемых нагрузок.

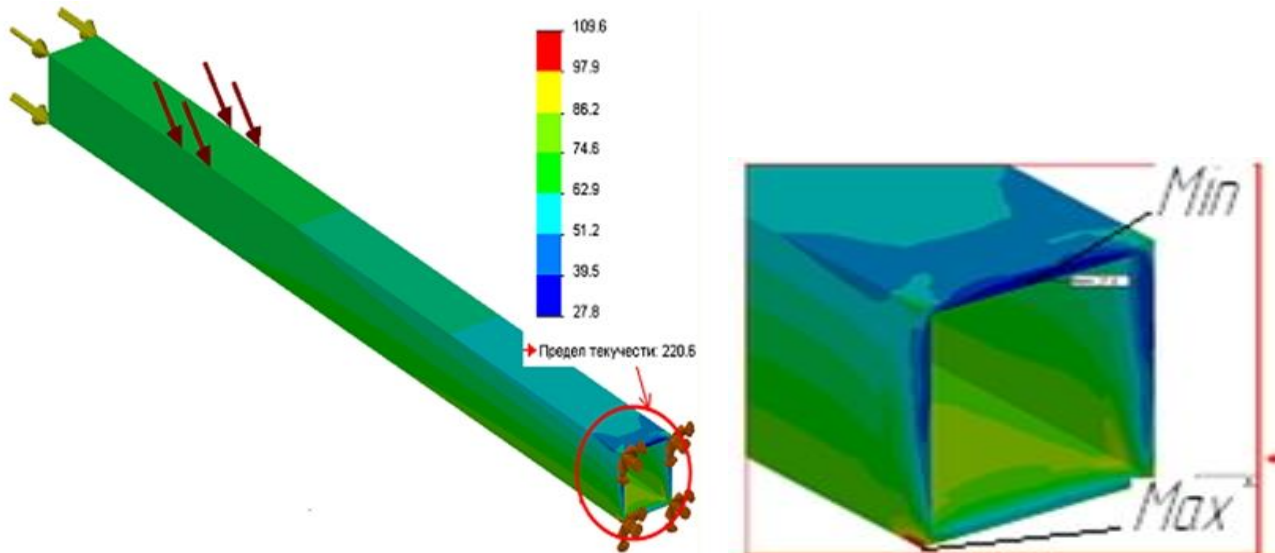


Рисунок 4. Эпюра напряжений коробчатой балки.

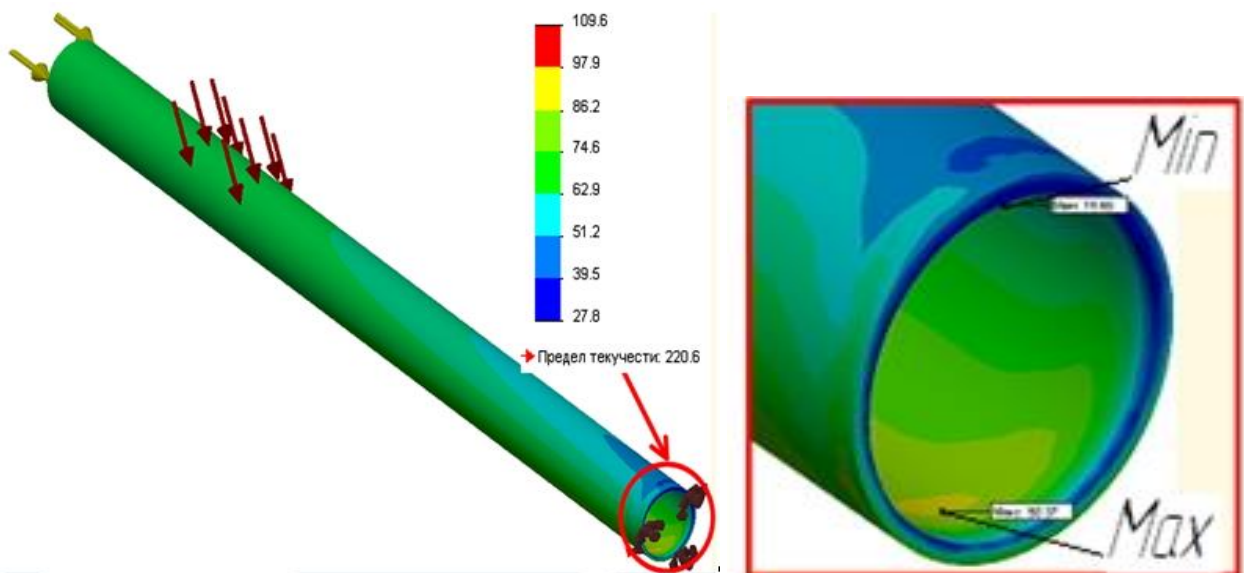
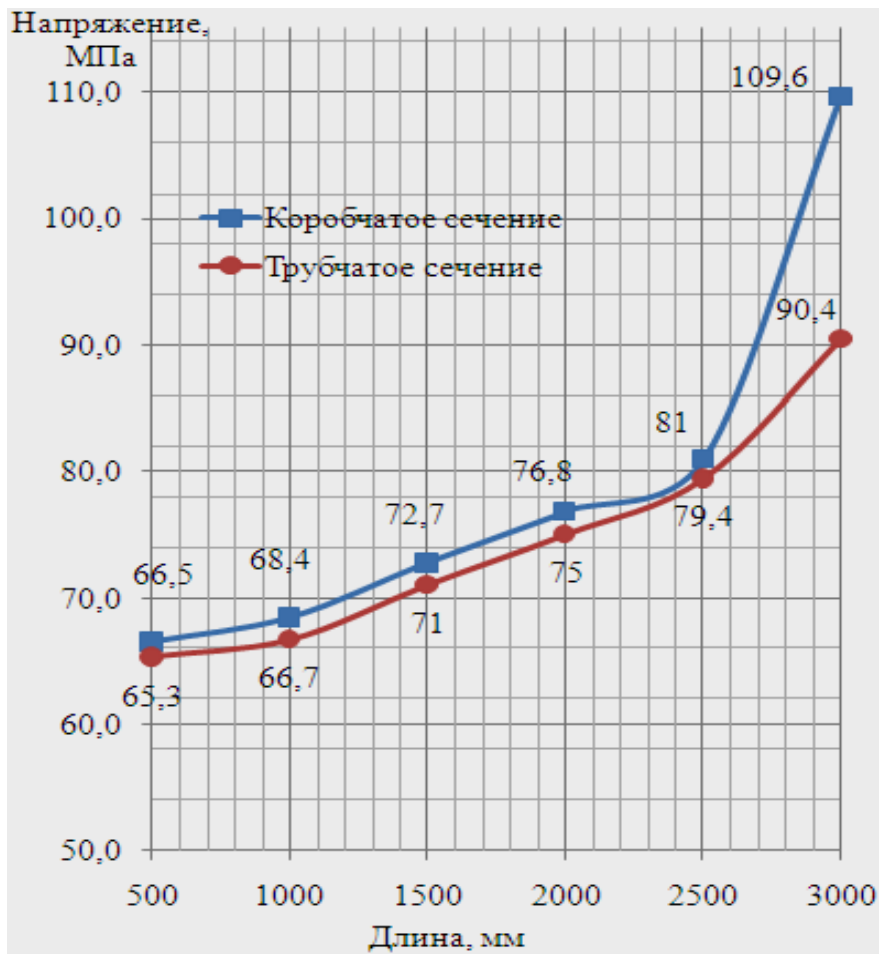


Рисунок 5. Эпюра напряжений трубчатой балки.

Таблица 1. Результаты статического исследования в CAD.

№ п/п Вид сечения	Напряжение, МПа			Перемещение, мм			Запас прочности		
	Max	Min	Средне- квадратичное	Max	Min	Средне- квадратичное	Max	Min	Средне- квадратичное
1 Коробчатое	109.6	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	11.22	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



а)

Рисунок 6. Диаграммы: а - напряженный балок; б - запаса прочности балок.

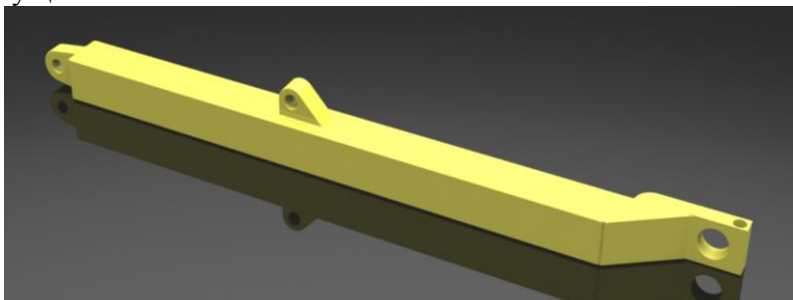
Создание элементов рабочего оборудования с повышенными несущими способностями.

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

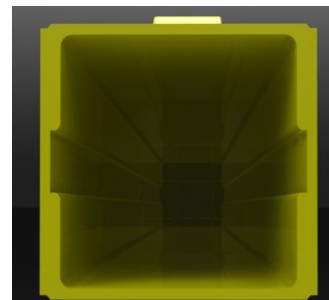
- аналитический, т.е. в анализе (расчете и моделировании) сил действующих на МК, приоритета их направления, нахождения наиболее нагруженного участка подвергающегося разрушительному воздействию как статической, так и динамической нагрузки (рис.4, 5).

- конструктивный, заключающийся в местном упрочнении наиболее нагруженного участка путем применения заполнителя (рис.7).

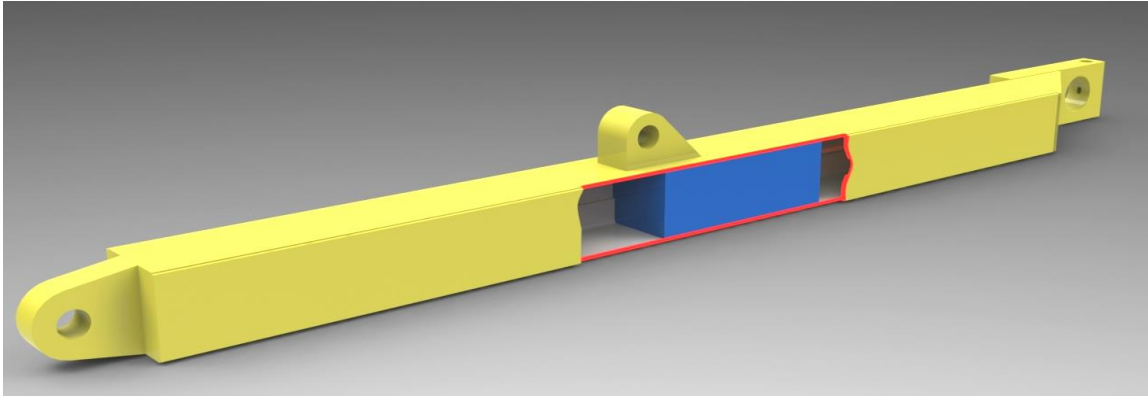
Особенностью данного метода конструирования РО СДМ является относительно простая технология их изготовления и существенная экономия металла при высокой несущей способности.



а)



б)



в)

Рисунок 7. Конструктивный этап метода повышения прочности толкающего бруса:
а - конструкция бруса до упрочнения; б – поперечный разрез бруса; в - полость зоны концентрации напряжений упрочненная заполнителем.

Создание трубобетонных конструкций, обладающих повышенной несущей способностью.

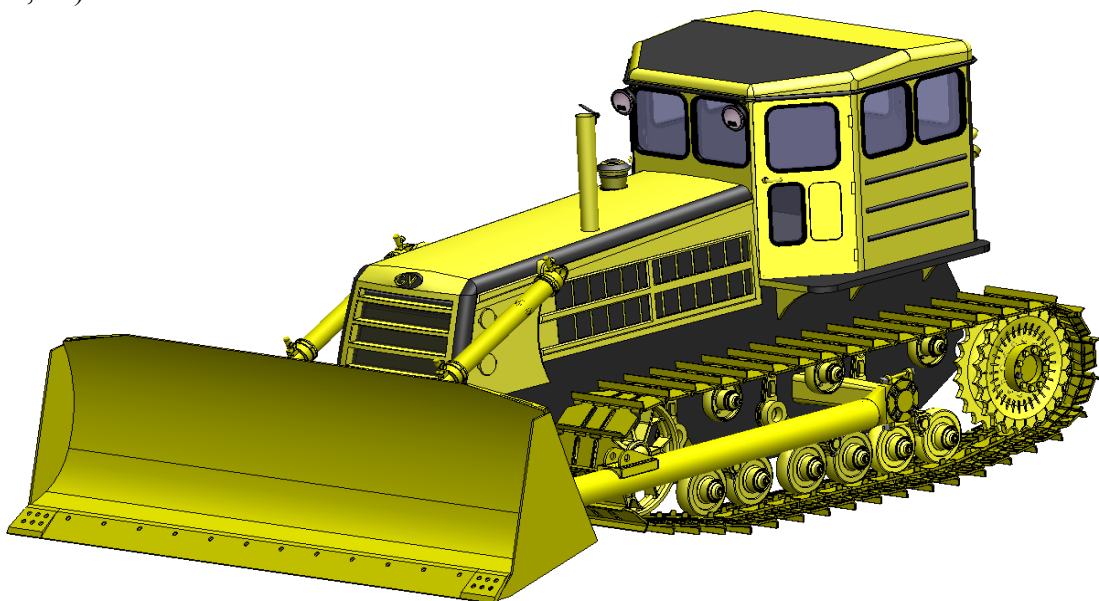
Применимо к МК СДМ использование в качестве заполнителя полых (пустотных) конструкций - бетоном (трубобетонирование), для различных узлов СДМ рационально в совокупности с армированием либо микроармированием [9, 10].

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 включать в работу специальными мероприятиями. Данный недостаток является очень важным аспектом применимо к МК СДМ, и его можно устранить следующими конструктивными решениями:

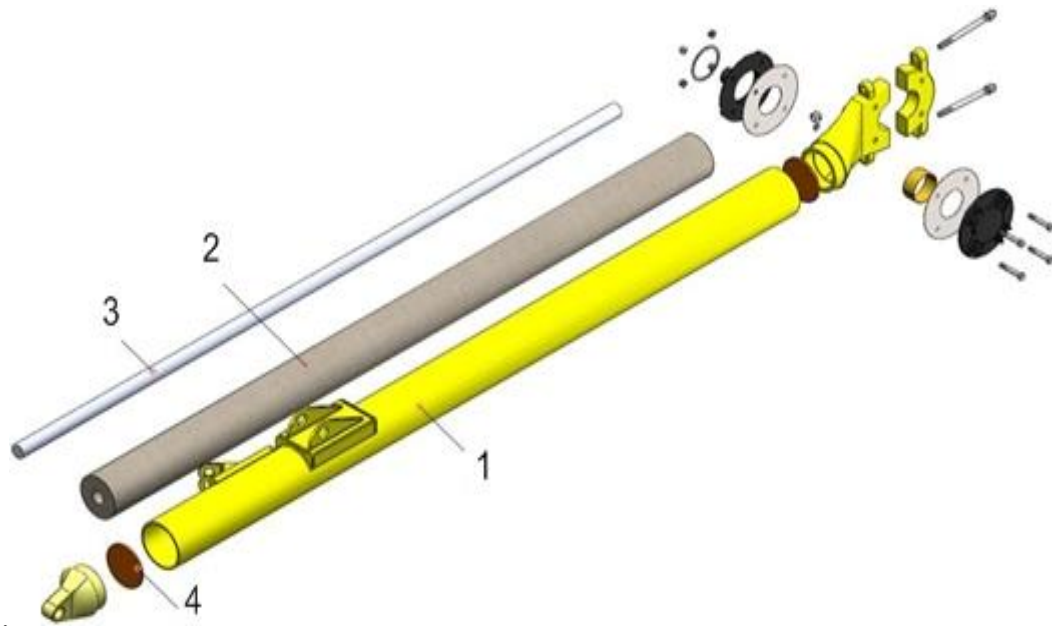
- создавать трубобетонную конструкция РО с минимальной толщиной стенки, но при этом усилить конструкцию центральным армированием (применением металлического стержня заключенного в бетон)

- 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.8) и скрепер с конструкцией тяговой рамы имеющей повышенную несущую способность (рис.9, 10)



а)



б)

Рисунок 8. Бульдозерное рабочее оборудование с повышенной прочностью толкающего бруса: а) – вид общий бульдозера; б) - изометрический вид толкающего бруса в разнесенном состоянии: 1 - труба круглого сечения; 2 - наполнитель; 3 - арматурный стрежень; 4 - стопорная крышка.

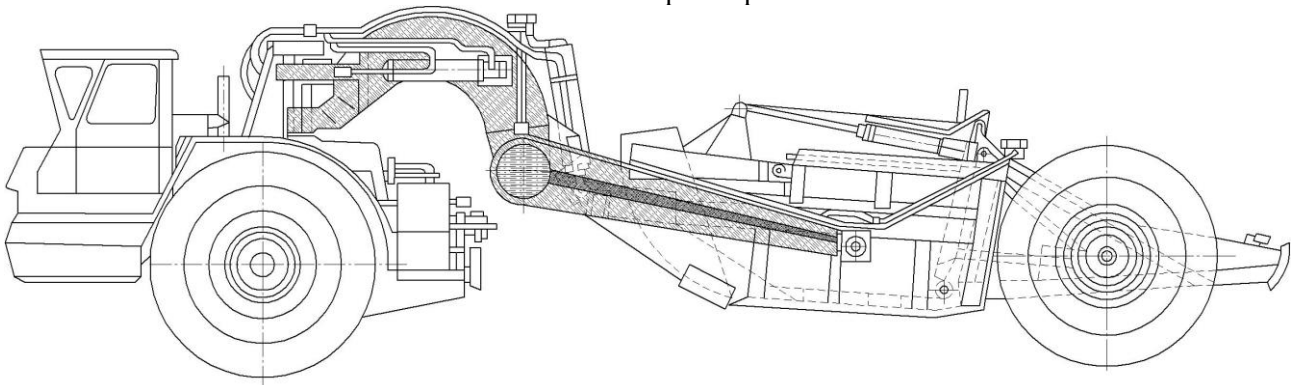


Рисунок 9. Скрепер с тяговой рамой имеющей повышенную несущую способность.

На основании приведенных методик были сформированы новых технических решений представленные на рис.11.

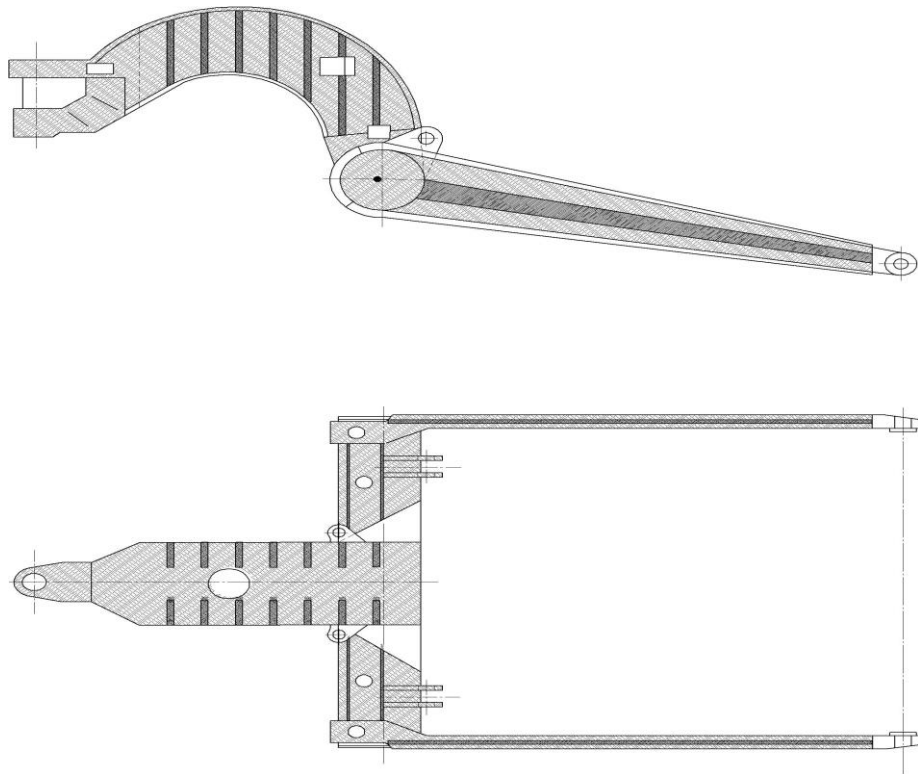


Рисунок 10. Тяговая рама скрепер с повышенной несущей способностью.

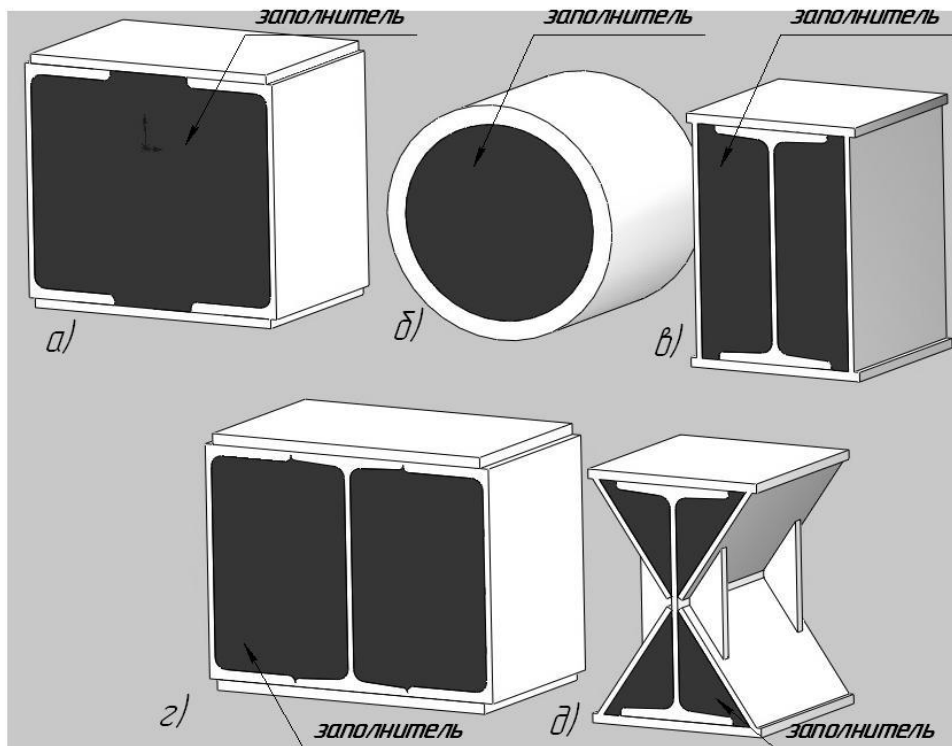


Рисунок 11. Увеличения прочности металлоконструкций путем применения заполнителя:
 а – балка, выполненная из швеллеров; б – труба; в – балка усиленная двутавром; г – балка, выполненная из швеллеров и усиленная двутавром; д - двутавр с X-образными усиливающими элементами.

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%, а также способствует снижению возникающих напряжений и уменьшают деформации в металлоконструкции, что повышает долговечность и работоспособность оборудования.

Литература

1. Клименко Ф.С., Барабаш В.М., Стороженко Л.И., Металеві конструкції. – видання друге, виправлене і доповнене. - Вид-во: Світ. м Львів, 2002. – 315 с.
2. Н.Н. Живейнов, Г.Н. Карасев, И.Ю. Цвей Строительная механика и металлические конструкции строительных и дорожных машин. М.: Машиностроение, 1988.
3. Чумаченко Ю.Т, Чумаченко Г.В Материаловедение.-4-е изд.,перераб.-Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 320с.
4. Г.А. Барышев Материаловедение : конспект лекций . – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 140 с.
5. Вершинский А.В. Строительная механика и металлические конструкции / А.В. Вершинский, М.М. Гохберг, В.П. Семенов. – Л.: Машиностроение, 1984. – 232 с.
6. Карасев Г.Н. Методы определения усилий и деформаций в элементах металлических конструкций: Учебное пособие /Г.Н. Карасев– М., 1997. – 72 с.
7. Металлические конструкции строительных и дорожных машин /Ряхин В.А., Цвей И.Ю., Балаховский М.С. и др. Под редакцией Ряхина В.А. М.: Машиностроение, 1972.
8. Федоров Д.И., Бондарович Б.А. Надежность рабочего оборудования землеройных машин. М.: Машиностроение, 1981.
9. Кикин А. И. Конструкции из стальных труб, заполненных бетоном / А. И. Кикин, Р. С. Санжаровский, В. А. Труаль. - М.: Стройиздат, 1974. – 144 с.
10. 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.