

УДК 629.3

DOI <https://doi.org/10.32347/tb.2024-40.0303>**Олександр Дьяченко,**

кандидат технічних наук,  
доцент кафедри Машин і обладнання технологічних процесів,  
Київський Національний Університет Будівництва і Архітектури,  
просп. Повітряних сил 31, м. Київ, 03037, Україна  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8199-2504>  
E-mail: [diachenko.os@knuba.edu.ua](mailto:diachenko.os@knuba.edu.ua)

**Максим Балака,**

кандидат технічних наук,  
доцент кафедри Будівельних машин,  
Київський Національний Університет Будівництва і Архітектури,  
просп. Повітряних сил 31, м. Київ, 03037, Україна  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4142-9703>  
E-mail: [balaka.mm@knuba.edu.ua](mailto:balaka.mm@knuba.edu.ua)

**Ольга Капуста,**

здобувач бакалаврського рівня,  
спеціальність 131 «Прикладна механіка»  
Київський Національний Університет Будівництва і Архітектури,  
просп. Повітряних сил 31, м. Київ, 03037, Україна  
E-mail: [kapusta\\_os@knuba.edu.ua](mailto:kapusta_os@knuba.edu.ua)

**Анастасія Черненко,**

здобувач магістерського рівня,  
спеціальність 131 «Прикладна механіка»  
Київський Національний Університет Будівництва і Архітектури,  
просп. Повітряних сил 31, м. Київ, 03037, Україна  
E-mail: [khoroshun\\_av-2023@knuba.edu.ua](mailto:khoroshun_av-2023@knuba.edu.ua)

## ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ПРИЧІПНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПЕРЕВЕ- ЗЕННЯ ВЕЛИКОГАБАРИТНОГО І ВЕЛИКОВАГОВОГО БУДОБЛАДНАННЯ І АНА- ЛІЗ ЇХ ПАРАМЕТРІВ

**АНОТАЦІЯ.** Актуальність процесів переробки будівельних відходів у вторинну сировину буде лиш зростати з роками у зв'язку з все більшою кількістю застарілих або зруйнованих будівель, які не є придатними до подальшої експлуатації. Переробка бетону у вторинний щебінь включає в себе такі процеси як розділення, сортування та подрібнення, що виконуються безпосередньо у місцях виникнення будівельних відходів. Для їх виконання необхідно доставляти спеціалізовані мобільні дробильно-сортувальні установки, які відносяться до великогабаритного і великовагового обладнання. Для транспортування мобільних дробильно-сортувальних установок, а також іншого спеціалізованого обладнання використовуються спеціальні технічні засоби для великогабаритних і великовагових вантажів. Найбільш відповідними засобами для перевезення таких вантажів є причепні транспортні засоби, а саме трали. Трали виготовляють у вигляді причепів або напівпричепів, які відрізняються як за кількістю осей, класом вантажопідйомності, висотою і способом завантаження, видом підвіски, тощо. В роботі виконано огляд існуючих конструкцій причепних транспортних засобів для перевезення великогабаритних і великовагових вантажів, проаналізовані їх параметри. За отриманими результатами визначено, що у межах одного класу вантажопідйомності трали відрізняються як за повною масою, за довжиною платформи, висотою завантаження, металоемністю конструкції та іншими параметрами. Визначені переваги і недоліки різних схем конструювання автопоїздів(тягача і причепа). Знання конструкцій цих засобів, їх параметрів і особливостей експлуатації дозволяє виконувати вибір відповідно до умов транспортування, характеристик вантажу, дальності транспортування і маршрутів.

**Ключові слова:** напівпричіп, мобільна дробарка, переробка, транспортування, транспортний засіб, тягач, трал

## OVERVIEW OF TRAILED VEHICLE DESIGNS FOR TRANSPORTATION OF LARGE-SIZED AND HEAVY BUILDING EQUIPMENT AND ANALYSIS OF THEIR PARAMETERS

**ABSTRACT:** *The relevance of the processes of processing construction waste into secondary raw materials will only increase over the years due to the increasing number of outdated or destroyed buildings that are not suitable for further operation. The processing of concrete into secondary crushed stone includes such processes as separation, sorting and grinding, which are performed directly at the places of construction waste generation. For their implementation, it is necessary to deliver specialized mobile crushing and sorting plants, which belong to large-sized and heavy equipment. Special technical means for oversized and heavy loads are used to transport mobile crushing and sorting plants, as well as other specialized equipment. The most suitable means for transporting such cargoes are trailed vehicles, namely trawls. Trawlers are manufactured in the form of trailers or semi-trailers, which differ in the number of axles, load capacity class, height and method of loading, type of suspension, etc. In the work, an overview of the existing designs of trailer vehicles for the transportation of large-sized and heavy loads was performed, and their parameters were analyzed. According to the obtained results, it was determined that within the same load capacity class, trawls differ in terms of total weight, platform length, loading height, metal capacity of the structure and other parameters. The advantages and disadvantages of various layout schemes of road trains (tractor and trailer) are determined. Knowledge of the constructions of these vehicles, their parameters and operational features allows you to make a choice in accordance with the conditions of transportation, characteristics of the cargo, the distance of transportation and routes.*

**Keywords:** semi-trailer, mobile crusher, processing, transportation, vehicle, truck unit, trawl

**1. Постановка проблеми.** Не дивлячись на складні умови в Україні, функціонування будівельної галузі не зупиняється і навіть показує зростання і стійку потребу у ресурсах для виготовлення будівельних матеріалів і конструкцій. Наразі існує висока потреба у знесенні морально застарілих, а також зруйнованих або пошкоджених будівель і споруд. При знесенні будівель і споруд з'являється велика кількість бетонних відходів, які вимагають утилізації. Найбільш екологічним шляхом для цього є подрібнення бетону на вторинний щебінь і використання його при улаштуванні доріг, шляхів, а також при виготовленні будівельних матеріалів з продуктів переробки.

Для подрібнення бетону і сортувати вторинний щебінь на фракції використовують перелік мобільних дробильно-сортувальних установок, які доставляються безпосередньо у місця виникнення будівельних відходів. Це дозволяє скоротити логістичних ланцюг перевезення будівельних відходів і зменшити забруднення довколишнього середовища.

Подібне обладнання зазвичай відноситься до великогабаритного і великовагового вантажу, яке ускладнено переміщувати по дорогам загального користування як державного так і місцевого значення, поруч із цим є потреба транспортування подібних вантажів у місця, які постраждали від бойових дій або є важкодоступними через поганий стан автодоріг.

Для того, аби раціонально обирати транспортні засоби відповідно до характеристик вантажу, що підлягає перевезенню, потрібні знання видів транспортних засобів, які входять у автопоїзд, їх конструкцій і параметрів, розумінні на питаннях транспортування вантажів у межах України і методів розрахунку їх параметрів.

### **2. Аналіз останніх досліджень і публікацій:**

Загальноновизнано, що будівельні відходи мають значний потенціал як вторинна сировина. Використання передових технологій переробки, які користуються все більшим попитом завдяки своїм екологічно чистим підходам, може перетворити ці відходи на вторинні продукти. Це не лише скорочує витрати на будівельні проекти, але й зменшує навантаження на полігони, стримуючи розповсюдження несанкціонованих звалищ [8].

Важливим моментом в ефективному управлінні будівельними відходами як потенційним вторинним ресурсом є їх різноманітна природа, що зумовлена різними джерелами утворення. Будівельні відходи поділяються на дві основні групи: перша група охоплює відходи,

що утворюються під час таких видів діяльності, як реконструкція, ремонт, нове будівництво та виробництво будівельних матеріалів, деталей і конструкцій. До другої групи належать відходи, що утворюються в результаті знесення будівель і споруд [1]. Детальна класифікація будівельних відходів наведена у публікації [2].

Процес поділу будівельних відходів за класифікацією сприяв чіткому регулюванню окремих секторів будівельної галузі, зокрема, переробки будівельних матеріалів та виробів. Такі країни, як Данія, Нідерланди та Бельгія, стали прикладом цього завдяки вдосконаленню законодавства та технологічним інноваціям [2].

На кожному етапі технічного процесу переробки бетону/залізобетону використовуються спеціалізоване обладнання [3]. Першим етапом у процесі переробки бетону є процес розділення, який виконується для відділення залізобетонних виробів від інших матеріалів (таких як метал, металопластик, теплоізоляційні матеріали) [4]. Розділення здійснюється з використанням спеціалізованих комплектів машин, обладнаних маніпуляторами, відбійними молотками, і щелепними затискачами. Другий етап – збір та транспортування. На даному етапі відбувається збір бетонних відходів з будівельних майданчиків і місць демонтажу, після чого бетонні відходи транспортуються у місця переробки. Третій етап – дроблення. Після того, як бетонні відходи зібрано, їх подрібнюють на менші частини за допомогою дробарки, що розбиває бетон на більш дрібні частини, які можна повторно використовувати в нових будівельних проектах [5]. Фінальне сортування і очищення. Після первинного дроблення матеріал сортується за розміром. Для даного етапу переробки використовується таке обладнання як грохот (барабанний, вібраційний, резонансний, інерційний). Останнім кроком є повторне використання переробленого бетону в нових будівельних проектах. Приблизно 60% бетону можна використовувати повторно. Перероблений матеріал можна використовувати як основу для доріг та інших будівельних проектів.

Побідне обладнання зазвичай є великогабаритним та великоваговим, тому його перевезення це складний процес, який вимагає ретельного планування і виконання. Тип вантажу визначається виходячи з параметрів вантажу, таких як маса, габаритні розміри, розміщення центру мас, наявності кріплень для вантаження/розвантаження та фіксації на транспортному засобі, тощо. Все це вимагає вибору транспортних засобів: від великих вантажівок до спеціалізованих транспортних засобів для перевезення вантажів [6].

Перевезення вантажів, які відрізняються від стандартних розмірів, ваги та об'єму, створює певні проблеми, оскільки стандартні методи транспортування часто є недостатніми. Для перевезення таких вантажів можуть знадобитися спеціалізовані транспортні засоби, унікальні методи та нестандартні маршрути [7].

**3. Мета роботи.** Метою роботи є визначення раціональної конструкції причіпного транспортного засобу, що використовується для перевезення великогабаритного і великовагового будівельного обладнання. Досягнення мети здійснюється шляхом огляду конструкцій причіпних транспортних засобів, аналізу схем компоновання автопоїздів, визначенню їх недоліків і переваг, а також дослідженню і порівнянню параметрів причіпних транспортних засобів, що представлені на ринку.

**4. Матеріали та методи.** Обґрунтування і вибір типу транспортного засобу (ТЗ) для перевезення обладнання виконано у результаті вибору конкретного обладнання та його характеристик. Вибір типу ТЗ проводитиметься за умови перевезення мобільної дробильно-сортувальної установки (ДСУ) (рис.1) [9].

Мобільні дробильні установки користуються широкою популярністю завдяки своїй багатофункціональності і мають ряд вагомих переваг і поступово витісняють стаціонарні системи дроблення, оскільки дозволяють скоротити витрати на транспортування сировини, знижують експлуатаційні витрати та забезпечують легке переміщення обладнання між виробничими майданчиками.



Рис.1. Узагальнена схема мобільних ДСУ:

1 – завантажувальний бункер; 2 – живильник; 3 – двохдечний грохот попереднього просівання; 4 – дробильна камера; 5 – захисна плита стрічки і головний конвеєр; 6 – шасі; 7 – силовий агрегат; 8 – система управління; 9 – магнітний сепаратор; 10 – підвісний грохот.

Fig.1. Generalized scheme of mobile CSP:

1 – loading hopper; 2 – feeder; 3 – a two-sided pre-sieving sieve; 4 – crushing chamber; 5 – belt protective plate and main conveyor; 6 – chassis; 7 – power unit; 8 – control system; 9 – magnetic separator; 10 – hanging screen.

Для обґрунтування та вибору ТЗ для перевезення мобільної дробильно-сортувальної установки визначено технічні умови на перевезення. Технічні умови складено, базуючись на прикладах обладнання виробників світового рівня (McCloskey International, Sandvik AB, Terex).

Для прикладу подано транспортні параметри мобільних дробильних установок трьох фірм, які відомі як в Україні, так і закордоном(таблиця 1).

Таблиця 1. Транспортні параметри мобільних дробильно-сортувальних установок

Table 1. Transporting parameters of mobile crushing-sorting stations

Параметр	Одиниця виміру	J40 (McCloskey International)	UJ440i (Sandvik)	J-1160 (Terex)
Транспортна висота, ширина, довжина	м	3,2/2,5/13,78	3,9/3,0/16,6	3,5/2,6/15,7
Максимальний розмір продукту подрібнення,	мм	518,5	705,5	510
Продуктивність,	т/год	250	700	300
Потужність двигуна,	кВт	166	315	270
Вага	т	36,94	63	35,35

З порівняльної таблиці виконано орієнтовний вибір мобільної дробарки на основі наступних параметрів:

- найменша маса установки;
- найменша потужність силової установки;
- розмір продукту, який підлягає подрібненню на установці – 500 мм;
- продуктивність подрібнення матеріалу – 200 м<sup>3</sup>/год;
- установка повинна мати найменші габаритні розміри у транспортному положенні.

За цими параметрами найбільш вдалою моделлю до використання на майданчику обрано установку J40 (McCloskey International). Вона має одну з найменших мас (36,94 тон), найменші габаритні розміри(3,2x2,5x13,78 м), що дозволяє за габаритами установки транспортувати її з використанням стандартних засобів у межах населених пунктів без отримання спецдозволів(обмеження по висоті і ширині вантажу – 4,5x2,6 м). Крім того, J40 використовує економічний двигун Caterpillar С6.6, що дозволяє досягти оптимізації енергоспоживання.

На рис.2 наведено креслення транспортної(а) та робочої(б) конфігурації дробарки J40.

Установка має гусеничний рушій, що забезпечує маневреність на різних типах рельєфу на будівельному майданчику. Гідравлічні аутригери значно зменшують вимогливість до стану поверхні, на якій відбувається установка та експлуатація машини.

Транспортна конфігурація J40 відрізняється від робочої конфігурації наступним:

1. Бункер, камера у верхній частині, яка приймає матеріал для дроблення, розташовується в опущеному положенні, за рахунок чого зменшується загальна висота дробарки, роблячи її більш придатною для проїзду під низькими мостами, тунелями або транспортними контейнерами.

2. Дробарка спирається на гідравлічні аутригери. Аутригери мають гідравлічний привід і розташовуються в стратегічних точках на рамі дробарки. У робочому положенні аутригери опущені, а при переміщенні власним ходом – підняті. При транспортуванні машини на платформі їх опускають, однак не підіймаючи гусеничне шасі з платформи. Так краще розподіляється навантаження.

3. Опори бункера (необхідні для забезпечення стабільності під час дроблення при підняттю бункері) в транспортній конфігурації опускаються, завдяки чому відбувається мінімізація загальної ширини дробарки для полегшення маневрування та дотримання правил транспортування.

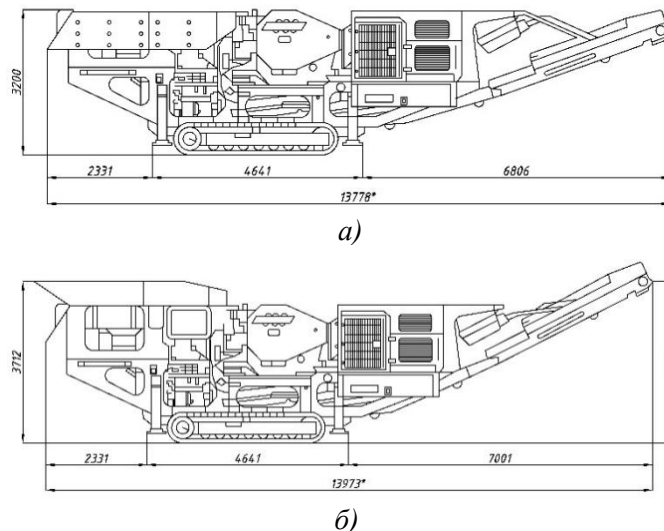


Рис.2. Транспортна (а) та робоча (б) конфігурації щокрової дробильної установки J40  
 Fig.2. Transport (a) and working (b) configurations of the J40 jaw crusher

Транспортна характеристика вантажу:

- фізичний стан вантажу – поштучний;
- маса найменшого можливого вантажного місця – 36,94 тон;
- клас за масою відповідно до вимог охорони праці – важковагові, які підлягають навантаженню із застосуванням піднімальних механізмів;
- габарити найменшого можливого вантажного місця – 3,2/2,5/13,78 м;
- потреба захисту від впливу довкілля – потребує захисту від випадкових механічних пошкоджень, перекидання;
- особливі вимоги – необхідність кріплення до каркасу причепа/напівпричепа.

Технічні умови на перевезення є вихідними даними для вибору компоувальної схеми автопоїзда, підбору причіпного транспортного засобу, розрахунку навантаження на осі.

**5. Результати.** Причіпний транспортний засіб(причіп) – це автономний транспортний засіб, що не має власного двигуна і приводиться у рух з допомогою тягового транспортного

засобу(тягача). Причепи слугують для розширення транспортних можливостей, насамперед у вантажних перевезеннях.

Поділяються на два типи: причепи та напівпричепи, що розрізняються за механізмами кріплення.

Причип передає вагу вантажу на дорогу через несучу раму розподіляючи її через власні осі. Тягач у даному випадку лиш забезпечує переміщення причепа. Напівпричип передає вагу вантажу на несучу раму, розподіляючи її як на власні осі, так і на осі тягача.

Причипні транспортні засоби бувають різних конфігурацій: тентовані, бортові, рефрижераторні, цистерни, трали, платформи, самоскиди тощо.

Для переміщення великогабаритних і великовагових вантажів використовуються трали. Трал – це вантажний причип, обладнаний платформою для встановлення, закріплення і переміщення вантажу.

Обираючи трал для перевезення великогабаритних та великовагових вантажів необхідно зосередитися на їх ключових характеристиках, а саме: дорожній просвіт, кут нахилу для в'їзду, навантажувальна висота, положення платформи, радіус розвороту, вантажопідйомність, стійкість.

Трали класифікуються за наступними параметрами і характеристиками[10]:

1. За вантажопідйомністю:

- легка (до 25 тон вантажу);
- середня (до 45 тон вантажу);
- важка (до 110 тон вантажу);
- надважка (понад 110 тон).

2. За кількістю осей:

- від 3 до 9 осей (легка, середня та важка вантажопідйомність);
- від 10 осей (надважка вантажопідйомність).

3. За висотою навантаження:

- висококаркасні(висота вантажної платформи над землею становить приблизно 1 м);
- низькокаркасні(висота вантажної платформи над землею становить від 0,85-0,95 м);
- спеціалізовані трали (висота вантажної платформи над землею становить 0,4-0,7 м).

4. За типом підвіски [10]:

- ресорна, ресорно-балансирна підвіска (використовується як на низькорамних, так і на високорамних тралах);

- пневматична підвіска (використовується на тих тралах, які мають дуже низьку висоту платформи для підвищення безпеки вантажу);

- гідравлічна підвіска (використовується на найважчих тралах, які перевозять вантажі понад 100 тон);

- балансирна підвіска (використовується на високонавантажених платформах і не має жодних пружин).

5. За способом навантаження:

- з завантаженням зверху;
- з заїздом ззаду;
- з переднім заїздом.

Звичайні трали, пристосовані для великогабаритного обладнання, були призначені для завантаження великої техніки за допомогою кранів. Зі збільшенням ваги вантажів трали почали оснащувати відкидними трапами(апарелями) з гідравлічними або механічними механізмами, що значно спростило процес завантаження самохідних машин [10](рис.3).



Рис.3. Трал з заїздом ззаду  
Fig.3. Trawl with drive-in from behind

Трал з переднім в'їздом (рис. 4) не потребує відкидної апарелі. Поява таких напівпричепів з гусаком, що відстібається, і заниженою передньою частиною платформи уможливила завантаження спереду, що особливо зручно в умовах обмеженого простору[10].



Рис.4. Трал з переднім заїздом  
Fig.4. Trawl with drive-in from front

Напівпричепи з розсувною платформою (рис. 5) є універсальним рішенням для вантажів із різними параметрами. Їх телескопічна конструкція та пневматичні замки для фіксації секцій у розсунутому положенні полегшують транспортування довгомірних вантажів або декількох одиниць самохідної техніки одночасно. Завантаження вантажу відбувається з допомогою кранів.



Рис.5. Трал з розсувною платформою  
Fig.5. Trawl with a sliding platform

Трали, які призначені для перевезення нестандартних вантажів, можуть бути обладнані різними додатковими механізмами, включаючи уширювачі, знімні або стаціонарні апарелі, які можуть складатися або не складатися.

Для перевезення мобільної ДСУ обрано спеціальну причіпну техніку – низькорамний трал. Низькорамна конструкція спрощує завантаження та розвантаження дробарки та зменшує загальну висоту вантажу. Окрім цього, трали оснащені надійними системами підвіски, які можуть справлятися з нерівним рельєфом, що часто зустрічається на будівельних та гірничодобувних майданчиках.

На рис.6 наведено приклад перевезення мобільної щоклової дробарки з використанням низькорамних напівпричепів.



Рис.6. Транспортування мобільних щоклових дробарок з використанням низькорамних напівпричепів

Fig.6. Transportation of mobile jaw crushers using low-frame semi-trailers

Для того аби переміщувати причіп з вантажем використовують вантажні тягачі, що характеризуються спеціалізацією на перевезенні конкретних вантажів, що зумовлює існування широкого спектра їх підтипів. Відмінності між ними переважно полягають у потужності двигунів та конфігурації додаткового обладнання. Тягачі поділяють на два основні типи: сідлові та буксирні. Буксирні тягачі призначені для переміщення причепів, при цьому тягач не сприймає на осі навантаження від маси причепа. Сідлові тягачі використовуються для переміщення напівпричепів. Склад тягача з напівпричепом дозволяє розподіляти навантаження на кілька осей, оскільки частина навантаження від напівпричепа через сидільно-зчіпний механізм передається безпосередньо тягачу.

Під час вибору конкретної комбінації тягач+причіп/напівпричіп необхідно враховувати критичні параметри, які впливають як на вантажопідйомність, так і на безпеку експлуатації. Першим фактором є обмеження загальної дозволеної маси, встановлене українськими правилами дорожнього руху. Загальна максимально дозволена маса це максимально допустима повна маса транспортного засобу, що залежить від конкретної конфігурації осей обраної пари тягача та напівпричепа.

Другим фактором є незалежне від дозволеної максимальної маси навантаження на кожну вісь. Обмеження по навантаженню на вісь забезпечують безпечний розподіл ваги на дорожню інфраструктуру та мінімізують потенційні пошкодження.

Для перевезення мобільної щоклової дробарки моделі J40 можна використати одну з наведених нижче схем компонування тягача і причіпного складу (рис. 7).

Схема транспортування, що передбачає використання спеціалізованого низькорамного двовісного причепа (рис.7, а) має ряд переваг. Такий причіп дозволяє перевозити важку техніку масою до 19 т. Конструкція причепа відрізняється максимальною маневреністю, що є критично важливим фактором під час руху в обмеженому просторі. Ще однією суттєвою перевагою даної схеми є зручність самостійного завантаження техніки на платформу шляхом заїзду. Однак використання двовісного причепа має і недоліки – недовикористання вантажності автомобілів-тягачів, яке призводить до зниження коефіцієнту зчеплення ведучих осей тягача з дорожньою поверхнею, збільшення навантаження на осі причепа та впливає на економічність транспортування.

Схема із застосуванням спеціалізованого тривісного низькорамного причепа (рис. 7, б) відрізняється вантажопідйомністю. Наведений на схемі причіп здатен перевозити вантажі масою до 25 т, що розширює транспортні можливості. Проте, головний недолік, характерний для трьохвісного варіанту – недостатнє завантаження тягача. Більш того, подібні автопоїзди вирізняються низькою прохідністю на пересіченій місцевості, що обмежує їх застосування на ґрунтових дорогах, будівельних майданчиках та інших ділянках з нерівним покриттям.



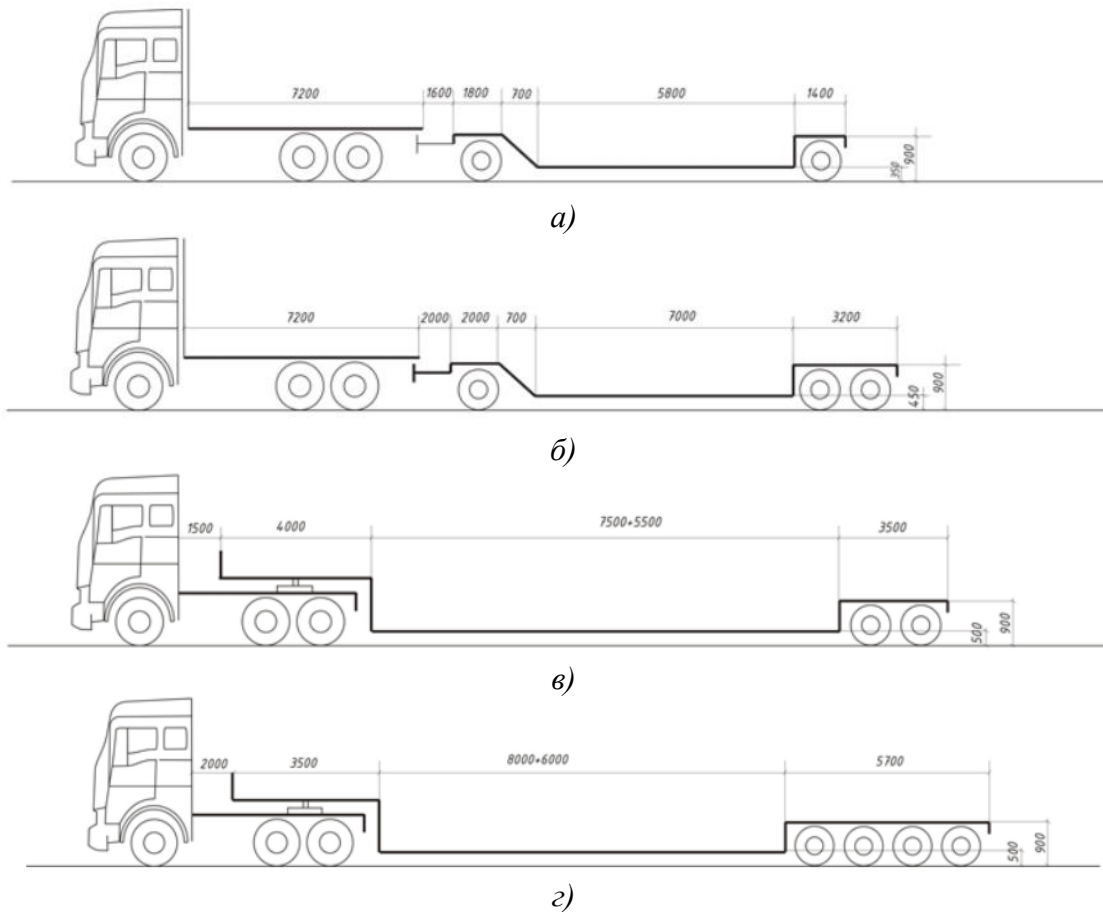


Рис.7. Схеми компонування автопоїздів для перевезення мобільної щокрової дробарки  
 Fig.7. Layout schemes of road trains for the transportation of a mobile jaw crusher

Транспортування із застосуванням напівпричепів (рис. 7, в, г). Такі напівпричепи відрізняються більшою маневреністю та високою вантажопідйомністю (50 т і більше). Водночас, головним недоліком подібних рішень є загальна довжина, яка може становити серйозну перешкоду під час руху в міських умовах або на ділянках з обмеженим простором.

Проаналізувавши усі варіанти, перевагу надано схемі на рис. 7. г з використанням чотиривісного трала напівпричепи. Завантаження техніки на подібний напівпричіп здійснюється самостійним заїздом без використання кранів.

Для порівняння параметрів низькорамних тралів для перевезення мобільної дробильно-сортувальної установки J40 виконано пошук причіпних транспортних засобів, представлених на ринку. Вантажопідйомність повинна бути не меншою ніж 37 тон.

У результаті пошуку на ринку були обрані моделі низькорамних тралів напівпричепів з 4 осями і повною масою від 55 до 75 тон. Їх характеристики внесені у таблицю 2.

Критеріальне порівняння причепів виконано за наступними критеріями:

- відношення вантажопідйомності  $m_B$  до маси причепа (спорядженої маси)  $m_{\Pi}$ :

$$K_1 = \frac{m_B}{m_{\Pi}} \rightarrow \max \quad (1)$$

- відношення маси причепа  $m_{\Pi}$  до максимальної довжини причепа  $l_{\Pi}$ :

$$K_2 = \frac{m_{\Pi}}{l_{\Pi}} \rightarrow \min \quad (2)$$

Важливими критеріями для відбору є можливість розширення бази причепа як у довжину так і у ширину. Розраховані значення критеріїв внесені у відповідні графі таблиці 3.

Таблиця 2. Характеристики чотиривісних низькорамних тралів з повною масою від 55 до 75 тон  
 Table 2. Characteristics of four-axle low-frame trawlers with a gross weight from 55 to 75 tons

Модель	Повна маса, кг	Споряджена маса, кг	Вантажопідйомність, кг	Ширина (ширина з розширенням), мм	Довжина загальна (з подовженням), мм	Зображення
Donat 4 axle extendable lowbed semi trailer	62000	12000	50000	2550 (3150)	14600 (20600)	
TAD Telescop 50-4	69000	19000	50000	2500	20380 (56380)	
Kassbohrer LB4E	63800	13806	49994	2550 (3150)	9240 (15240)	
Fesan 4 axles lowbed	66000	15000	51000	3300	14200	
Nova Lowbed Trailer	62000	12000	50000	2550	13600	
Scorpion Trailer 4 AXLE	66000	11000	55000	3800	9550	
Fliegl SDS 570T	56900	9900	47000	2520	9000	
Faymonville N4LAU MV RM	73000	14600	58400	2540 (3200)	9200 (12400)	
Özgül LW4 a	68000	12000	56000	2550	10500	

Таблиця 3. Результати розрахунку критеріїв для порівняння причепів  
 Table 3. Results of the calculation of criteria for comparing trailers

Модель	$K_1$	$K_2$	Можливість видовження транспортної бази	Можливість розширення транспортної бази
Donat 4 axle extendable lowbed semi trailer	4,2	0,58	є	є
TAD Telescop 50-4	2,63	0,33	відсутня	є
Kassbohrer LB4E	3,62	0,9	є	є
Fesan 4 axles lowbed	3,4	1,05	відсутня	відсутня
Nova Lowbed Trailer	4,2	0,88	відсутня	відсутня
Scorpion Trailer 4 AXLE	5	1,15	відсутня	відсутня
Fliegl SDS 570T	4,7	1,1	відсутня	відсутня
Faymonville N4LAUMV RM	4	1,17	є	є
Özgül LW4 a	4,6	1,14	відсутня	відсутня

За результатами даних, що наведені у таблиці 3 побудовані гістограми відношення вантажопідйомності  $m_B$  до маси причепа(спорядженої маси)  $m_{\Pi}$  (рис.8), відношення маси причепа  $m_{\Pi}$  до максимальної довжини причепа  $l_{\Pi}$  (рис.9).

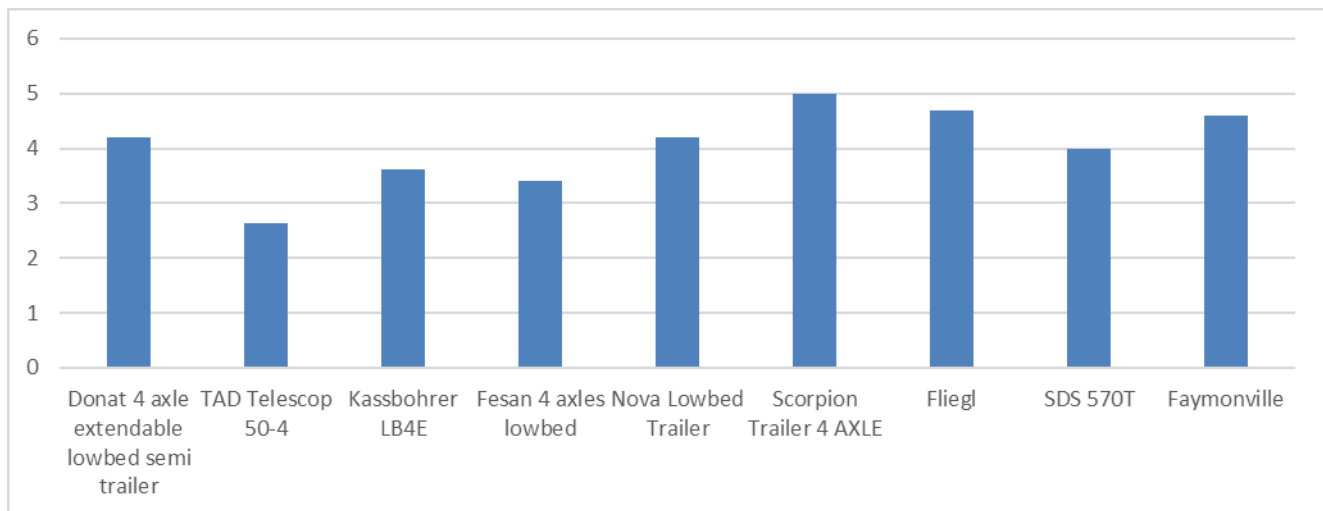


Рис.8. Результати розрахунку критерія  $K_1$   
 Fig.8. Results of the calculation of criterion  $K_1$

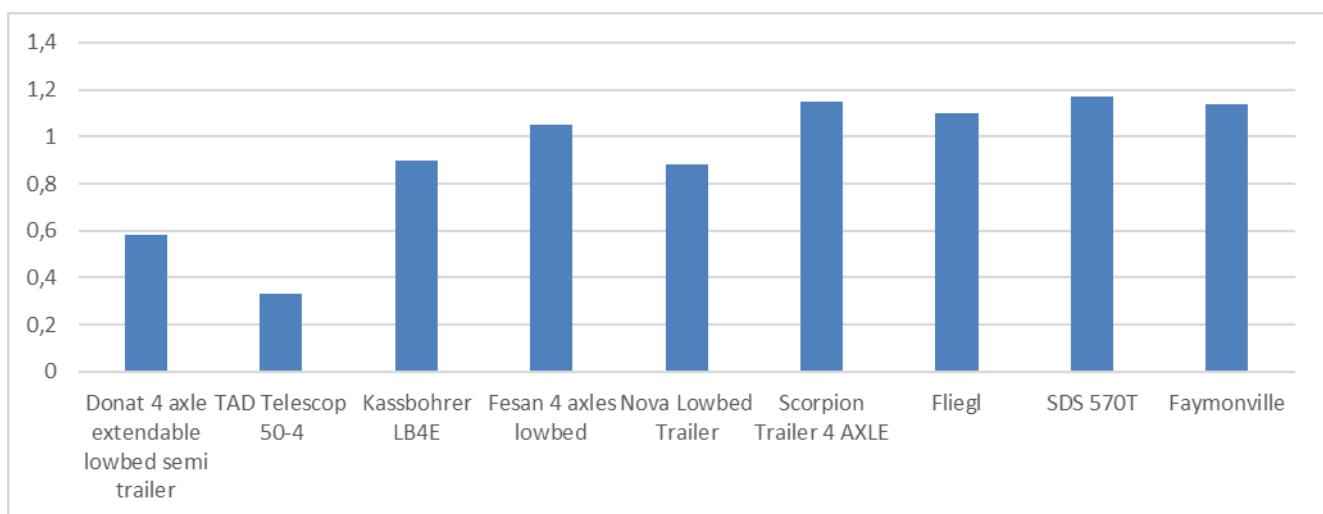


Рис.9. Результати розрахунку критерія  $K_2$   
 Fig.9. Results of the calculation of criterion  $K_2$

**6. Висновки.** Виконані дослідження дозволили виявити основні конструкції причіпних транспортних засобів, які призначені для перевезення великогабаритних і великовагових вантажів. Проведено аналіз різноманітних схем компоновання тягача і причепа/напівпричепа у результаті чого визначено недоліків і переваги їх використання. Найбільш придатною схемою для перевезення мобільної дробильно-сортувальної установки J40 є використання низькорамного чотиривісного трала напівпричепа з тривісним тягачем, що дозволить максимально використати вантажопідйомність як тягача так і напівпричепа, рівномірно розподілити навантаження між осями автопоїзда в межах, визначених правилами дорожнього руху і забезпечить високий коефіцієнт зчеплення ведучих коліс тягача з дорожнім покриттям.

Порівняння характеристик причіпних транспортних засобів (таблиця 2), представлених на ринку, виявило, що критерії різняться у досить широких межах для транспортних засобів у межах однієї групи вантажопідйомності.

За критерієм  $K_1$  (рис.8), найкраще співвідношення вантажопідйомності до спорядженої маси мають причепа: Donat 4 axle extendable lowbed semi trailer, Scorpion Trailer 4 AXLE Fliegl SDS 570T, Faymonville N4LAUMV RM. Вони мають найменш металоємну конструкцію, що безперечно є перевагою при виборі транспортного засобу.

За критерієм  $K_2$  (рис.9) відношення маси причепа до максимальної довжини причепа найбільш ефективними конструкціями є причепа: Donat 4 axle extendable lowbed semi trailer, TAD Telescop 50-4, Nova Lowbed Trailer. Ці трейлери дозволяють при найменшій масі причепа отримати найбільше транспортної бази.

Можливості розширення і подовження транспортної бази надають конструкції таких причепів: Donat 4 axle extendable lowbed semi trailer, Faymonville N4LAUMV RM, Kassbohrer LB4E. Така функція дозволяє виконувати перевезення різного за габаритами обладнання. При цьому у порожньому стані вони мають якнайменшу ширину і тим самим зменшують складність їх руху по автомобільним шляхам.

Розуміння конструкцій транспортних засобів, знання їх параметрів, а також переваг і недоліків їх використання у тих чи інших ситуаціях дозволить більш точно обирати устаткування відповідно умов перевезення і характеристик вантажу.

Подальші дослідження будуть спрямовані на визначення навантажень, що діють на елементи конструкцій причіпних транспортних засобів у процесі транспортуванні будівельного устаткування, з метою їх модернізації.

### Список використаних джерел:

1. Шуваєв А.А. Інструментарій залучення відходів будівництва та зносу до повторного господарського циклу в контексті їх класифікаційних ознак. Грааль науки, 2021. №10. С. 600-605.
2. Шпакова Г.В. Можливість рециклінгу будівельних відходів в Україні. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин, 2012. № 26. С. 137-142.
3. Can you recycle concrete? [Електронний ресурс] URL: <https://www.nationwideconcreting.co.uk/news/can-you-recycle-concrete> [дата звернення: 19.06.2024].
4. Дьяченко О.С., Аношко А.Є., Гох В.В. Огляд технологій переробки відходів будівельної галузі і можливість їх використання при переробці зруйнованих будівель і споруд. IV Міжнародна науково-практична конференція Енергоощадні машини і технології, 2023. С. 21-24.
5. Назаренко І.І. Машини для виробництва будівельних матеріалів і конструкцій: Посібник / уклад. І.І. Назаренко, Ю.О. Баранов, М.О. Клименко. – К.: КНУБА, 2009. – 84 с.
6. Muller A., Martins I. Plants for the treatment of construction and demolition waste. Recycling of building materials, 2022. P. 127-147.
7. Мельник О. Аналіз поняття «негабаритні вантажі» в загальній системі класифікації вантажів. Дослідження особливостей транспортного флоту для організації процесу перевезень негабаритних вантажів. Транспортні системи і технології, 2020. № 35. С. 169-181.

8. Аратюнян І. А., Шуваяєв А. А. Екологічно-економічна доцільність комплексного управління потоками відходів в будівельній галузі. Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика, 2020. №18. С. 9-17.
9. UJ440i Jaw crusher [Електронний ресурс] URL: <https://www.rockprocessing.sandvik/en/products/Mobile-crushers-and-screens/tracked-crushers-and-screens/mobile-jaw-crushers/uj440i-mobile-jaw-crusher/> [дата звернення: 19.06.2024].
10. Thrall is what? Types and characteristics of trawls [Електронний ресурс] URL: <https://en.bir-miss.com/thrall-is-what-types-and-characteristics-of-trawls/> [дата звернення: 19.06.2024].

## References:

1. Shuvaiev A.A. (2021) Instrumentarii zaluchennia vidkhodiv budivnytstva ta znosu do povtornoho hospodarskoho tsykladu v konteksti yikh klasyfikatsiinykh oznak. [Toolkit for the involvement of construction and demolition waste in the repeated economic cycle in the context of their classification features.]. The grail of science. №10. P. 600-605.
2. Shpakova H.V. (2012) Mozhlyvist retsyklinhu budivnykh vidkhodiv v Ukraini. Shliakhy pidvyshennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn. [The possibility of recycling construction waste in Ukraine. Ways of increasing the efficiency of construction in the conditions of the formation of market relations ] № 26. P. 137-142.
3. Can you recycle concrete? [Electronic resource] URL: <https://www.nationwideconcreteing.co.uk/news/can-you-recycle-concrete> [date of application: 19.06.2024].
4. Diachenko O.S., Anopko A.Ie., Hokh V.V. (2023) Ohliad tekhnolohii pererobky vidkhodiv budivelnoi haluzi i mozhlyvist yikh vykorystannia pry pererobtsi zruinovanykh budivel i sporud. IV Mizhnarodna naukova-praktychna konferentsiia Enerhooshchadni mashyny i tekhnolohii [Overview of waste processing technologies of the construction industry and the possibility of their use in the processing of destroyed buildings and structures. IV International scientific and practical conference Energy-saving machines and technologies] P. 21-24.
5. Nazarenko I.I., Baranov O.Yu., Klymenko M.O. (2009) Mashyny dlia vyrobnytstva budivnykh materialiv i konstruktsii: Posibnyk [Machines for the production of building materials and structures: Manual]. Kyiv: KNUBA. 84 p.
6. Muller A., Martins I. (2022) Plants for the treatment of construction and demolition waste. Recycling of building materials, P. 127-147.
7. Melnyk O. (2020) Analiz poniattia «nehabarytni vantazhi» v zahalnoi systemi klasyfikatsii vantazhiv. Doslidzhennia osoblyvostei transportnoho flotu dlia orhanizatsii protsesu perevezen nehabarytnykh vantazhiv. [Analysis of the concept of "oversized cargo" in the general cargo classification system. Study of the peculiarities of the transport fleet for the organization of the process of transportation of oversized cargo]. Transport systems and technologies, №35. P. 169-181.
8. Aratiunian I. A., Shuvaiev A. A. (2020) Ekolohichno-ekonomichna dotsilnist kompleksnoho upravlinnia potokamy vidkhodiv v budivelnii haluzi. Mosty ta tuneli: teoriia, doslidzhennia, praktyka. [Ecological and economic feasibility of integrated management of waste flows in the construction industry]. Bridges and tunnels: theory, research, practice, №18. P. 9-17.
9. UJ440i Jaw crusher [Electronic resource] URL: <https://www.rockprocessing.sandvik/en/products/Mobile-crushers-and-screens/tracked-crushers-and-screens/mobile-jaw-crushers/uj440i-mobile-jaw-crusher/> [date of application: 19.06.2024].
10. Thrall is what? Types and characteristics of trawls [Electronic resource] URL: <https://en.bir-miss.com/thrall-is-what-types-and-characteristics-of-trawls/> [date of application: 19.06.2024].