

ДОСЛІДЖЕННЯ НАВАНТАЖУВАЛЬНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ СПЕЦІАЛЬНИХ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

В. Петров, О. Жданов, Р. Мацей

Одеська державна академія будівництва і архітектури

Розглянуті і проаналізовані конструктивні схеми навантажувачів автотранспортних засобів: ланцюгових, гакових і з гнучким зв'язком, що застосовуються у сільському господарстві. Гакові навантажувачі набули найбільшого поширення через їх переваги: простота і надійність конструкції, малий час на виконання навантажувально-розвантажувальних операцій, поліпшена фіксація вантажного контейнера на транспортному засобі, що дозволяє виконувати транспортні операції з більшою швидкістю. Побудовано та проаналізовано кінематичні схеми гакових навантажувачів з телескопічною, поворотною і комбінованою рамами (стрілами), виконана їх класифікація на характерні групи. Встановлено, що при застосуванні гакових навантажувачів поліпшується показник використання транспортної техніки, що використовується у сільському господарстві.

Ключові слова: гаковий навантажувач, мультиліфт, транспортний засіб, вантажний контейнер.

Постановка проблеми. У сільському господарстві наряду з застосуванням різноманітних вузькопрофільних машин використовується багатофункціональна високопродуктивна спецтехніка, що здатна замінити одразу кілька вузькопрофільних машин. Такою спецтехнікою, здатною ефективно виконувати завдання по транспортуванню різних вантажів є спеціальний автотранспортний засіб (АТЗ), оснащений навантажувально-розвантажувальним обладнанням (навантажувачем), що змонтоване на автомобільному шасі або на причепі і дозволяє працювати з різними за своїм призначенням змінними тарними ємностями - кузовами, платформами і цистернами. Одними з основних переваг вантажівок навантажувачів є їх універсальність використання і оптимізація вантажно-розвантажувальних процесів за прийнятими критеріями. Залежно від вантажопідйомності транспортного засобу навантажувачі умовно поділяють на малої, середньої і великої вантажопідйомності. Навантажувачі малої вантажопідйомності можуть завантажити масу 3...5 тон, середньої - 20...25 тон, а великої – 30...50 тон. Навантажувачі за конструктивною схемою поділяються на гакові, з гнучким зв'язком - сталевим канатом і ланцюгові. Транспортні засоби, обладнані гаковими навантажувачами набувають найбільш поширеного застосування на ринку перевезень, по-перше, через наявність власного навантажувально-розвантажувального пристрою, що не вимагає додаткового залучення спеціалізованої техніки (підйомних кранів, виловних і фронтальних навантажувачів і т. п.). По-друге, через універсальність застосування різних кузовів для сипучих матеріалів, грубих кормів, твердих побутових відходів, платформ для перевезення різної сільськогосподарської техніки, цистерн для транспортування різних рідин і т. п.. Завдяки використанню різних тарних ємностей гакові навантажувачі здатні перевозити відходи тваринництва і м'ясопереробки, виконувати доставку на переробні підприємства кісток і кісткового борошна, на тваринницькі ферми кормів, перевезення мертвих тварин, тріски, тирси, паливних гранул, транспортувати техніку з гусеничними і пневмоколісними рушіями. Перевезення сипучих сільськогосподарських вантажів, таких як мінеральні добрива (гранульовані або порошкові), комбікорми і т.п. здійснюється в цистернах різного типу. Гакові навантажувачі використовуються також в господарствах, які займаються коренеплодами, овочівництвом і іншими сільськогосподарськими культурами, впроваджуючи їх у виробництво завдяки використанню змінних за призначенням тарних ємностей при транспортуванні.

В даний час промисловість України не виробляє в достатній кількості необхідного технологічного обладнання для потреб сільськогосподарської галузі. Устаткування, яке завозиться в нашу країну з закордону не завжди задовольняє споживачів за якістю, особливо б/у, тому доцільно навести огляд основних конструкцій сучасних гакових навантажувачів зарубіжного виробництва і

встановити їх недоліки і переваги з метою їх доцільного вибору для найбільш ефективного використання у сільськогосподарській галузі України.

Аналіз останніх досліджень. У технічній літературі наведено дуже мало публікацій щодо конструкцій гакових навантажувачів, відсутні структурні і кінематичні схеми, за якими побудовані ці вантажні пристрої. Технічна література з цього приводу в основному уявляє проспекти різних фірм, де наводяться технологічні можливості даного виду вантажно-розвантажувального обладнання [1-5]. У зв'язку з цим дослідження авторів спрямовані на аналіз конструктивних схем вантажопідйомних пристроїв, встановлених на спеціалізованих автотранспортних засобах сільськогосподарського призначення і вибір такого вантажно-розвантажувального обладнання, що забезпечить найбільш якісне виконання основних операцій технологічного процесу навантаження-розвантаження тарних ємностей з вантажем і їх транспортування до місця призначення.

Метою даного дослідження є аналіз і визначення з розглянутого різноманіття конструкцій навантажувачів встановлених на спеціальних АТЗ сільськогосподарського призначення найбільш перспективних, що відрізняються більш якісними експлуатаційними властивостями і надання рекомендацій для найбільш ефективного їх використання в сільськогосподарській галузі.

В якості оцінювальних критеріїв прийняті наступні параметри якості: висота підйому контейнера відносно рами АТЗ, стійкість контейнера при транспортуванні, зручність роботи оператора і витрати часу на процес навантаження-розвантаження, надійність силових конструктивних елементів та гідравлічного устаткування вантажно-розвантажувального пристрою.

Методика дослідження. Методика проведеного дослідження конструктивних рішень гакових навантажувачів і наукового обґрунтування їх експлуатаційних властивостей полягала в послідовному виконанні наступних завдань:

- членуванні загальної конструктивної схеми існуючих навантажувачів АТЗ на механізми різного функціонального призначення, складання і аналіз їх кінематичних схем;
- встановлення загальних ознак і виділення конструкцій технологічних механізмів визначеного функціонального призначення і їх класифікація;
- аналіз переваг і недоліків експлуатаційних властивостей виділених технологічних механізмів і встановлення на основі прийнятих критеріїв працездатності найбільш перспективних для їх більш ефективного використання в сільськогосподарській галузі.

Результати досліджень. На основі наведеної в літературі технічної інформації були складені і досліджені різні кінематичні схеми великої кількості моделей гакових навантажувачів провідних фірм, що мають значний відсоток продажів на міжнародному ринку [6,7].

Гакові навантажувачі можуть бути змонтовані як безпосередньо на рамах транспортних засобів, так і на рамах причепів та напівпричепів. Для цього в конструкції навантажувача передбачений надрамник, який зазвичай за допомогою рознімних болтових з'єднань кріпиться до рами транспортного засобу за місцем експлуатації. Навантажувачі даного типу мають ряд переваг: менший час на допоміжні операції (у багатьох випадках водій-оператор навіть не покидає кабіни), менший час на основну технологічну операцію навантаження-розвантаження, триточкова фіксація контейнера на рамі автотранспортного засобу в тому числі одне закріплення в його верхньої частині, що збільшує стійкість контейнера при його транспортуванні т. п.

На рис. 1а представлена схема звичайного гакового навантажувача.

На рамі 1 транспортного засобу змонтована рама 3 навантажувача, що одним кінцем з'єднується з рамою 1 АТЗ за допомогою шарніра 2. Рама 3 на другому верхньому кінці забезпечена гаком 4, який входить в вушко 5 вантажного контейнера 6. Положення рами 3 відносно рами 1 регулюється штоком гідроциліндра 7. На рамі 1 змонтовані роликові опори 8 на які опирається одна сторона вантажного контейнера 6 обладнаного задніми роликовими опорами 9. При розвантаженні вантажного контейнера (зняття його з транспортного засобу) шток гідроциліндра 7 повертає раму 3 щодо шарніра 2 (рис. 1б). Гак 4 утримує вантажний контейнер 6 за вушко 5. Це дозволяє днищу вантажного контейнера 6 прокочуватися по роликовим опорам 8 закріпленим на рамі 1. Так триває до зіткнення роликових опор 9 контейнера з дорожнім полотном. При подальшому повороті рами 3 відстань між вушком вантажного контейнера і транспортним засобом збільшується (рис. 2). Після встановлення опор контейнера на дорожнє

полотно гак від'єднується від вушка і транспортний засіб має можливість від'їхати. При завантаженні транспортного засобу вантажним контейнером, всі технологічні операції проходять в зворотній послідовності. Слід зауважити, що конструкція рухомого з'єднання гак-вушко дозволяє виконувати процес розвантаження-навантаження і у випадку коли поверхня дорожнього полотна на яке обпираються рушії транспортного засобу і опори днища вантажного контейнера відрізняються від горизонтального положення і розташовані один до одного під деяким невеликим кутом.

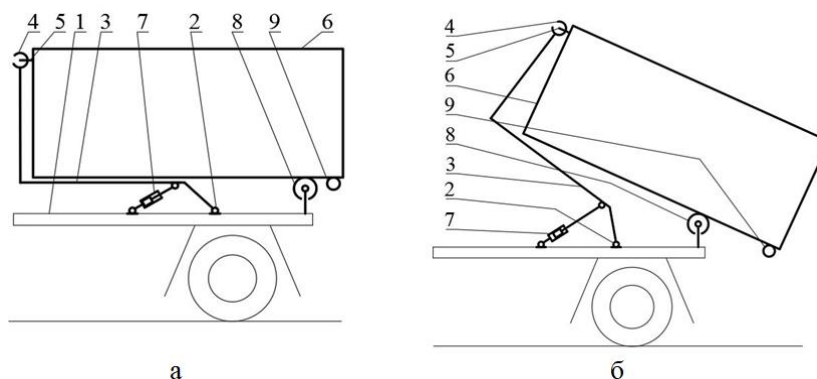


Рис. 1. Спрощена конструктивна схема гакового навантажувача: а) в транспортному положенні; б) у середині процесу розвантаження вантажного контейнера.

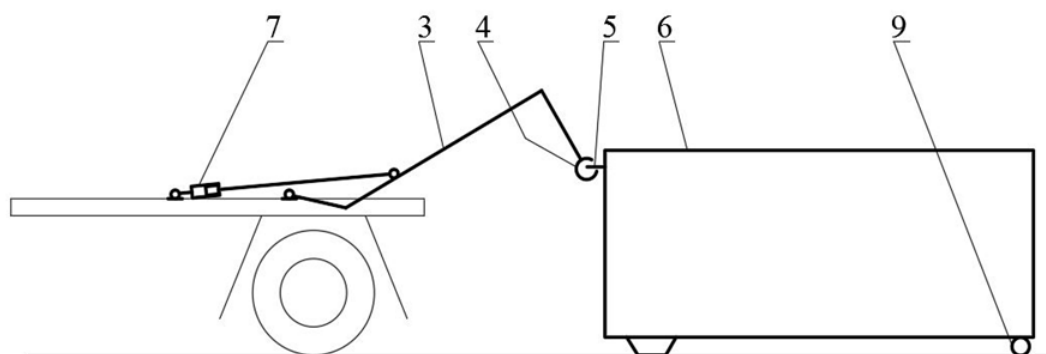


Рис. 2. Спрощена конструктивна схема гакового навантажувача в кінці процесу розвантаження вантажного контейнера.

Навантажувач, побудований за даною кінематичною схемою, має ряд недоліків. Основний з них полягає в великій висоті підйому однієї сторони контейнера в наслідок чого утворюється значний кут нахилу днища контейнера від горизонтального положення, що може призводити до зміщення вантажу. Тому за даною схемою проектують гакові навантажувачі невеликої вантажопідйомності з короткою довжиною вантажного контейнера.

На рис. 3 представлений гаковий навантажувач з телескопічною базовою рамою. Конструкція телескопічної рами 3 (рис.3) в порівнянні з попередньою конструкцією (рис.1) зазнала змін так, що її частина 10 телескопічно входить в частину 3. Положення частини рами 10 по відношенню до базової частини рами 3 підійомника регулюється штоком гідроциліндра 11. При розвантаженні даного вантажного контейнера 6 на початку процесу розвантаження скорочують відстань між частинами рами 3 і 10 (звичайно на 900 – 1300 мм в залежності від моделі гакового навантажувача) за рахунок переміщення штока гідроциліндра 11. Це призводить до зрушення і кочення в горизонтальному положенні вантажного контейнера 6 по ролику 8 вправо за схемою (рис. 3б). Таким чином зменшується відстань між шарніром 2 і гаком 4, що призводить до зменшення радіуса підйому лівої сторони вантажного контейнера 6. Решта процесу розвантаження відбувається аналогічно раніше описаній конструкції гакового навантажувача зображеного на рис.1. Зменшенню висоти підйому однієї сторони вантажного контейнера сприяють і інші конструктивні рішення.

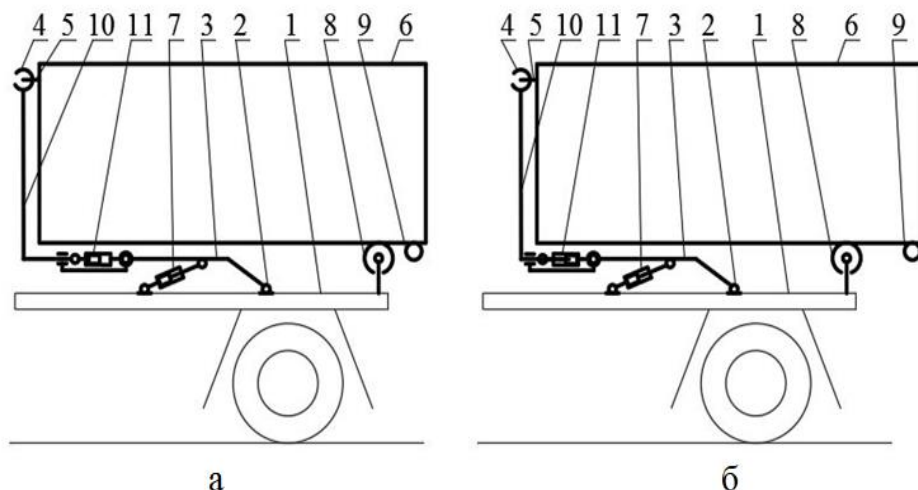


Рис. 3. Спрощена конструктивна схема гакового навантажувача з телескопічною базовою рамою: а) в початковому положенні; б) зі зрушеною гаковою рамою.

На рис. 4а представлений гаковий навантажувач рама якого включає поворотну вертикальну стійку 10. Як і в попередній конструкції (рис. 1) рама навантажувача складається з базової частини 3 і вертикальної стійки 10 яка має можливість обертатися навколо шарніру 11. Кут нахилу стійки 10 щодо частини рами 3 регулюється за допомогою штока гідроциліндра 12. Інші елементи схеми аналогічні конструкції представленій на рис. 1. При розвантаженні вантажного контейнера 6 (рис. 4б) оператор має можливість оперувати двома параметрами - як збільшувати кут нахилу рами 3 відносно рами 1, так і зменшувати кут нахилу стійки 10 по відношенню до базової частини рами 3. Як впливає з розглянутої схеми, це значно зменшує радіус повороту гака 4 відносно шарніра 2, а отже і висоту підйому однієї сторони вантажного контейнера 6.

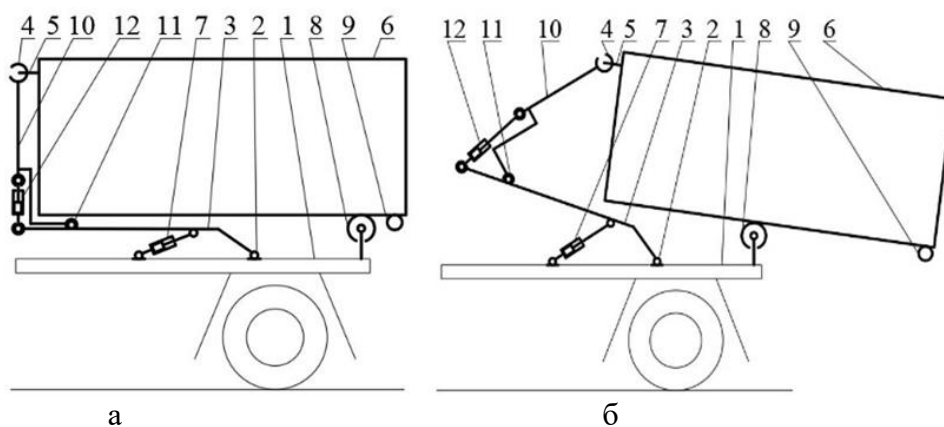


Рис. 4. Спрощена конструктивна схема гакового навантажувача з поворотною гаковою рамою: а) в початковому положенні; б) з поверненою стійкою 10.

Фірма Palfinger на деяких моделях гакових навантажувачів встановлює на рамі три силові керуючі гідроциліндри, що додатково сприяє меншій висоті підйому однієї сторони вантажного контейнера (рис. 5а). На відміну від розглянутої моделі на рис.4, частина 3 рами через шарнір 14 з'єднана з частиною рами 13 і з шарніром штока гідроциліндра 15. Відносно кутового положення цих рам регулюється за допомогою переміщення штока гідроциліндра 15. Таким чином радіус обертання гакового зачеплення навколо шарніра 2 можна регулювати за допомогою трьох гідроциліндрів 7, 12 і 15, що покращує оперативне маніпулювання положенням контейнера при вантажно-розвантажувальних роботах. Слід зауважити, що застосовують і комбіновану схему, в якій частина рами з гаком може рухатися поступово (телескопічно) по відношенню до базової частини і повертатися, як в раніше описаних моделях.

При конструюванні навантажувачів даного типу важливо скласти розрахункову схему і визначити зусилля в ланках підйомного механізму (рис.5б). Частина сили тяжіння контейнера, що сприймається гаком від вушка в будь-якому положенні процесу розвантаження коли ролик 9 не

стикається з дорожнім полотном, визначається з рівняння моментів сил відносно точки контакту рухомого з'єднання гак-вушко і рівнянь суми сил на вертикальну і горизонтальну вісь, що діють на контейнер. Рівняння моментів сил, діючих в підйомному механізмі щодо точки О в положенні коли сила P_2 досягає максимального значення має вигляд

$$P_1 \cdot L_1 = P_2 \cdot L_2,$$

де P_1 – сила, що сприймається штоком гідроциліндра 7,

L_1 – плече дії сили P_1 ,

P_2 - сила, що сприймається гаком від вушка контейнера,

L_2 - плече дії сили P_2 .

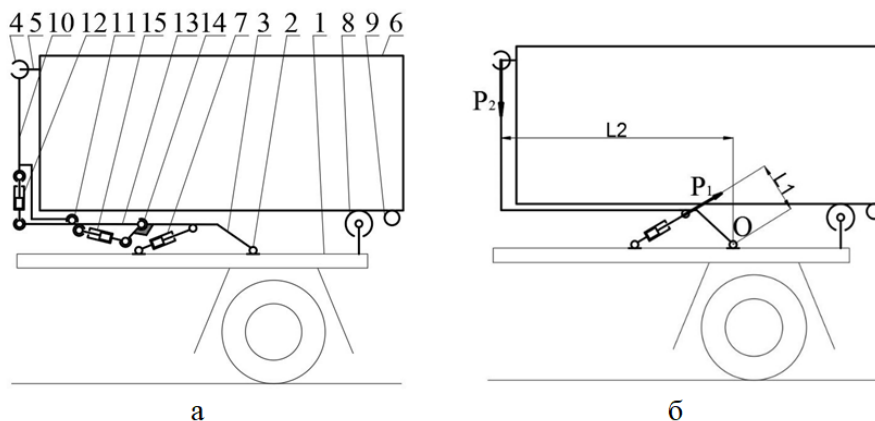


Рис. 5. Спрощена конструктивна схема гакового навантажувача: а) з зчленованою рамою; б) схема дії сил.

Визначивши силу P_1 на штоку гідроциліндра 7 можливо підібрати його конструктивне виконання, попередньо задавшись робочим тиском, на який розрахований насос і інші елементи гідравлічної схеми. Слід зауважити, що тиск в гідросистемі через підвищені навантаження в підйомному механізмі знаходиться в межах 100 - 240 бар, що потребує застосовувати в нагнітаючої лінії гідросистеми шланги високого тиску. Робота підйомного механізму при підвищених навантаженнях призводить до перегріву робочої рідини, тому фірми виробники застосовують різні способи для зниження температури масла - збільшують ємність бака чи обдувають його, або встановлюють вимірювачі температури для припинення роботи гідравлічної системи при досягненні граничної температури.

Частина 3 рами гакового навантажувача OABCD на початку та в кінці процесу навантаження-розвантаження знаходиться в найбільш навантаженому положенні, сприймаючи на гаку половину ваги контейнера з вантажем (рис. 6). Сила P_1 на штоку гідроциліндра 7 у цьому випадку визначається з рівняння суми моментів відносно шарніра О.

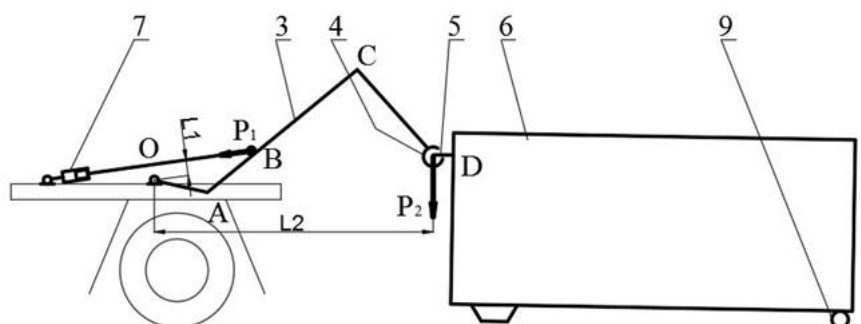


Рис. 6. Схема дії сил гакового навантажувача на початку завантаження контейнера.

Для розрахунку на міцність складових рами необхідно побудувати по елементні епюри внутрішніх зусиль в стержнях рами OABCD.

Спрощена конструктивна схема навантажувача з гнучким зв'язком-сталевим канатом представлена на (рис. 7). На рамі 1 транспортного засобу за допомогою шарнірних з'єднань встановлена рама 3 з барабаном 4 і опорним роликом 5 з канавками для розміщення тягових

сталевих канатів. Вантажний контейнер 6 з двох сторін забезпечений направляючими роликами 7, вушками 8 і опорними роликами 10. Положення рами 3, відносно рами 1 регулюють за рахунок пересування штока гідроциліндра 12. При завантаженні вантажного контейнера 6 розмотують гілки сталевих канатів 11 з барабанів 4 і пропускають їх через канавки опорних роликів 5 та напрямних роликів 7, а кінці з гаками 9 закріплюють в вушка 8.

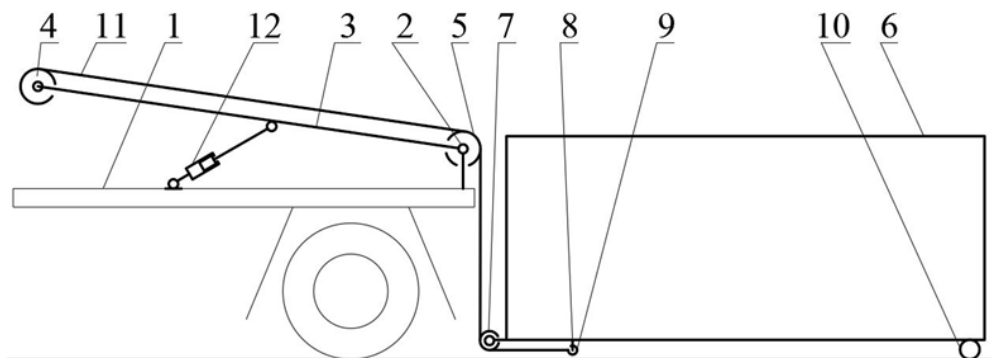


Рис. 7. Канатний навантажувач, спрощена схема початку навантаження контейнера.

За допомогою штока гідроциліндра 12 рамі 3 надають невелике похиле положення. Після цього включають гідродвигуни (невідображені на схемі), що обертають барабан 4 на якій намотуються гілки сталевих канатів 11 і піднімають ліву сторону вантажного контейнера (за схемою рис.7). Права сторона контейнера 6 забезпечена роликівими опорами 10 які спираються на дорожнє полотно. Таким чином вантажний контейнер займає похиле положення. Напрямні ролики 7, що закріплені на контейнері, після перекочування через опорні ролики 5, що потребує додаткових зусиль, рухаються по нахилений рамі 3 разом з контейнером в напрямку барабана 4 (рис.8).

Після проходження центра ваги вантажного контейнера 6 через опорні ролики 5 раму 3 можна опустити на раму 1 в горизонтальне положення і остаточно підтягти контейнер до барабана 4. При розвантаженні транспортного засобу, раму 3 піднімають в похиле положення, потім включають гідродвигуни барабанів 4 з яких розмотуються гілки сталевих канатів, що призводить до ковзання вантажного контейнера по рамі 3 під дією власної сили тяжіння контейнера. Решта процесу розвантаження проходять в зворотній послідовності, ніж при завантаженні. На рис. 9 представлена схема навантажувача з гнучким зв'язком-сталевим канатом, що обладнана допоміжною рамою 6.

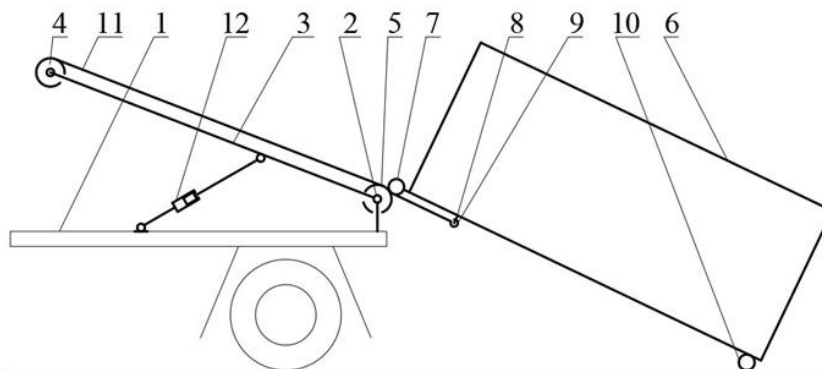


Рис. 8. Процес вирівнювання нахилу днища контейнера і рами АТЗ.

На рамі 1 транспортного засобу за допомогою шарнірних з'єднань встановлена рама 3 з закріпленим барабаном 4 і напрямними 5 рухомого з'єднання допоміжної рами 6. Допоміжна рама має можливість пересуватися відносно рами 3 за допомогою штока гідроциліндра 7. Вантажний контейнер 8 з одного боку забезпечений вушками 9, а з другого опорними роликами 10. Ліві кінці 11 гілок сталевих канатів (за схемою рис.9) намотуються на барабан 4, а праві закінчуються гаками 12. Положення рами 3, відносно рами 1 регулюють за допомогою штока гідроциліндра 13.

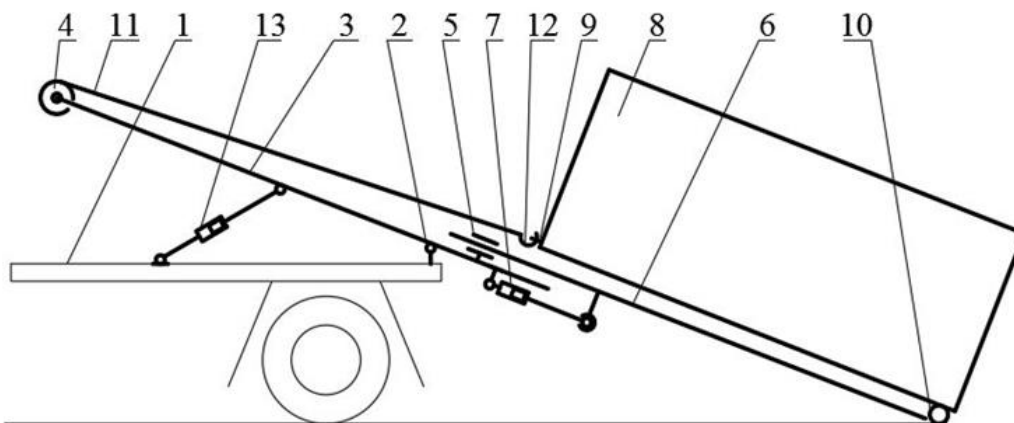


Рис. 9. Навантажувач з допоміжною рамою і гнучким зв'язком.

При завантаженні вантажного контейнера 8 рамі 3 надають невелике похиле положення. Потім за допомогою штока гідроциліндра 7 висувають допоміжну раму 6 відносно рами 3, розмотують з барабанів 4 гілки сталевих канатів 11 з гаками 12 на кінці, які закріплюють в вушках 9 контейнера 8. Після цього включають гідродвигун (невідображений на схемі), що обертає барабан 4 на який намотуються гілки сталевих канатів встановлюючи вантажний контейнер 8 на раму транспортного засобу 3.

Конструкція ланцюгового навантажувача аналогічна конструкції, що описана вище, але замість двох гілок сталевих канатів зазвичай застосовується розташований і закріплений на середині ширини контейнера посилений ланцюг з гаком на кінці. Захоплення вантажного контейнера гаком також здійснюється в нижній його частині. Решта технологічних операцій аналогічна раніше описаним.

При застосуванні гакових навантажувачів поліпшуються показники використання транспортної техніки: надійності; коефіцієнта технічної готовності, використання вантажопідйомності транспортних засобів, знижується собівартість робіт по переміщенню вантажів.

Основним недоліком розглянутих типів навантажувачів є нахил вантажного контейнера в процесі навантаження-розвантаження. Це стримує використання гакових навантажувачів при перевезенні вантажів які не допускають значного нахилу днища контейнера відносно горизонтального положення. Недоліком також є нерівномірне навантаження на осі транспортного засобу в процесі навантаження-розвантаження, що потребує в спеціалізованих АТЗ допоміжних конструктивних пристосувань (роликів опор, стабілізаторів).

При використанні трактора в якості транспортного засобу при перевезенні вантажних контейнерів на причепі або напівпричепі, обладнаному гаковим навантажувачем необхідно використовувати гідравлічну систему трактора. Це потребує додатковий час на приєднання гідравлічної системи навантажувача до гідравлічної системи трактора.

Висновки. 1. При виконанні транспортних операцій визначених вантажів сільськогосподарського призначення за допомогою тарних ємностей найбільш доцільно використовувати спеціалізовані автотранспортні засоби, що оснащені гаковими навантажувачами через їх більшу конструктивну надійність, технологічність використання і експлуатаційні переваги. 2. Підвищена експлуатаційна надійність гакових навантажувачів забезпечується шляхом застосування більш перспективних конструктивних рішень, якісних елементів механізмів і гідравлічних систем. 3. Конструкції навантажувачів з гнучкими елементами кінематичного ланцюга через перекося вантажного контейнера по відношенню до рами транспортного засобу в процесі навантаження-розвантаження і обмеженій довговічності сталевих канатів і ланцюгів не набули широкого поширення в світовій практиці. 4. Прості кінематичні схеми гакових навантажувачів дозволяють розрахувати всі елементи кінематичного ланцюга за допомогою звичайних систем автоматичного проектування виробів машинобудування. 5. При застосуванні спеціалізованих автотранспортних засобів, оснащених гаковим навантажувачами поліпшується експлуатаційні і економічні показники використання транспортної техніки в сільськогосподарській галузі.

Список використаних джерел

1. Бернацкий В.В. Специализированный подвижной состав грузового автотранспорта. - М.: НГТУ «МАМИ». 2007.- 124 с.
2. Вахламов В.К. Подвижной состав автомобильного транспорта. М.Б Академия, 2003.
3. Краткий автомобильный справочник НИИАТ, М., Транспорт, 2004.
4. Автомобили: Специализированный подвижной состав: учеб. пособие / М.С. Высоцкий, А.И. Гришкевич, Л.Х. Гилелис и др.; под ред. М.С. Высоцкого, А.И. Гришкевича. - М.: Транспорт, 2006.-240с.
5. Якобашвили А.М. Специализированный подвижной состав для грузовых автомобильных перевозок / А.М. Якобашвили, В.С. Отлинский, А.Л. Цеханович.- М.: Транспорт, 2008.-224с.
6. Проспекти: веб-сайт. URL: <https://www.hyva.com/ru-ua/solutions/tipping-systems/> (дата обращения: 15.06.2020).
7. Проспекти: веб-сайт. URL: <https://www.palfinger.com/en> (дата обращения: 15.06.2020).

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ УСТРОЙСТВ СПЕЦИАЛЬНЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Петров В., Жданов О., Мацей Р.

Рассмотрены и проанализированы конструктивные схемы погрузочно-разгрузочных устройств автотранспортных средств: цепных, крюковых и с гибкой связью, которые используются в сельском хозяйстве. Крюковые погрузочно-разгрузочные механизмы приобрели наибольшее распространение из-за наличия ряда преимуществ: простота и надежность конструкции, малое время на выполнение погрузочно-разгрузочных операций, улучшенная фиксация грузового контейнера на автотранспортном средстве, что позволяет выполнять транспортные операции с большей скоростью. Построены и проанализированы кинематические схемы крюковых погрузчиков с телескопичной, поворотной и комбинированной рамами (стрелами), выполнена их классификация на характерные группы. Установлено, что при использовании крюковых погрузчиков улучшается показатель использования автотранспортной техники, используемой в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: *крюковый погрузчик, мультилифт, транспортное средство, грузовой контейнер.*

RESEARCH OF LOADING AND UNLOADING DEVICES FOR SPECIAL MOTOR VEHICLES FOR AGRICULTURAL PURPOSE

Petrov V., Zhdanov O., Matzey R.

Considered and analyzed are the design diagrams of loading and unloading devices of motor vehicles: chain, hook and flexible connection, which are used in agriculture. Hook loading and unloading mechanisms have become most widespread due to the presence of a number of advantages: simplicity and reliability of the design, short time for loading and unloading operations, improved fixation of the cargo container on the vehicle, which allows transport operations to be performed at a higher speed.

The kinematic diagrams of hook loaders with telescopic, swivel and combined frames (booms) have been constructed and analyzed, and their classification into characteristic groups has been carried out. It has been found that the use of hook loaders improves the rate of use of motor vehicles used in agriculture.

Key words: *hook loader, multi-lift, vehicle, cargo container.*