

АНАЛІЗ ПЕРЕРОЗПОДІЛЕНИХ НАВАНТАЖЕНЬ, ЯКІ ДІЮТЬ НА ВУЗЛИ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА ІЗ ШАРНІРНО З'ЄДНАНОЮ РАМОЮ

О.А. Грушанський, кандидат технічних наук

А.Ю. Виговський, кандидат технічних наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Висвітлені результати аналізу навантажень, що діють на вузли колісного трактора класу тяги 3,0. Зміна навантажень зумовлена агрегуванням трактора із напівначіпною машиною для пересадки дерев із грудкою землі та установкою на тракторі гідравлічного крана-маніпулятора.

***Ключові слова:** колісний трактор, кран-маніпулятор, шарнір, посадковий матеріал, викопна машина, каретка.*

Аналіз ефективності роботи агрегатів для пересадки великомірних дерев на базі гусеничних тракторів класу тяги 3,0 довів, що не в усіх випадках використання тракторів із гусеничним рушієм технічно та економічно виправдано.

У процесі реконструкції міських зелених насаджень, заготівлі садивного матеріалу у приміських та лісових масивах ефективнішим є агрегування викопних машин із висококліренсними енергонасиченими колісними тракторами класу тяги 3,0.

Мета дослідження – теоретично обґрунтувати можливість встановлення на колісних тракторах із шарнірно з'єднаною рамою гідравлічних кранів – маніпуляторів із грузовим моментом 6 т.м.

Матеріали і методика дослідження. Високі транспортна швидкість та маневреність дозволяють скоротити час на транспортування машини до місця викопування садивного матеріалу, дають можливість відмовитися від

використання причіпів-трейлерів, вирішити проблему охорони викопної машини вночі тощо. Крім того, колісний рушій трактора не руйнує тверде покриття доріг, що дозволяє використовувати викопні агрегати на роботах в умовах міст.

Обладнаний вантажопідйомним механізмом колісний трактор можна використовувати і самостійно при виконанні розвантажувально-навантажувальних операцій у лісовому, сільському господарствах, та в інших галузях народного господарства.

Для здійснення оптимального вибору вантажопідйомного пристрою з урахуванням досягнутого технічного рівня проаналізовано технічні характеристики гідравлічних кранів-маніпуляторів, які виготовляються в Україні, державах близького і далекого зарубіжжя.

З урахуванням вирішення конкретної задачі діапазон механізмів, які можна використовувати, був звужений. Розглядалися механізми, які відповідали таким вимогам:

1. Максимальний виліт стріли	4 – 6 м
2. Вантажопідйомність	11 – 13 кН
3. Висота підйому вантажу	5 – 6 м
4. Кут повертання стріли	не менше 150°
5. Робочий тиск у гідросистемі	13 – 18 Мпа

Аналіз конструкцій вантажопідйомних механізмів та їх технічних характеристик дозволив зупинитися на двох моделях гідравлічних кранів-маніпуляторів консольного типу. Це – гідравлічний кран-маніпулятор мод. 5943 із грузовим моментом 62,5 кНм та вантажопідйомний агрегат 9Т321 із грузовим моментом 50,0 кНм.

Розглянемо їх недоліки та переваги у порівнянні:

1. Гідравлічний кран-маніпулятор мод. 5943 має максимальний виліт стріли 5,0 м і може підняти при такому вильоті вантаж масою 1250 кг.

Значення номінального тиску в гідросистемі крана не перевищує показник робочого тиску в гідросистемі базового трактора, завдяки чому

вантажопідйомність крана, змонтованого на колісному тракторі класу 3,0, не зменшується порівняно з номінальними показниками.

До недоліків крана мод. 5943 можна віднести розташування центру маси цього гідравлічного крана на значній висоті, через що під час руху трактора кран може коливатися у поперечній площині, створюючи додаткові динамічні навантаження.

2. Агрегат 9Т321 має вантажопідйомність 1000 кг при вильоті стріли 5,0 м. Відрізняється цей агрегат від гідравлічного крана мод. 5943 тим, що до його складу не входять блок гідророзподільників, бак для оливи та виносні опори-аутригери. Усі згадані вузли входять до складу базової машини. Крім того, номінальну вантажопідйомність цього агрегату можна забезпечити у разі номінального тиску в гідросистемі 18 МПа. А номінальний тиск у гідросистемі трактора не перевищує 16 МПа.

До переваг вантажопідйомного агрегату 9Т321 можна віднести те, що центр маси агрегату розташований значно нижче, ніж у гідрокрана мод. 5943. Тому коливання агрегату під час руху трактора будуть значно меншими.

Порівняльний аналіз переваг та недоліків вказаних механізмів дозволяє зробити такі висновки:

1. За своїми технічними характеристиками обидва механізми в основному відповідають встановленим вимогам.
2. В організаційному плані гідравлічний кран-маніпулятор мод. 5943 придатніший для встановлення його на колісному тракторі.

Враховуючи, що серед колісних тракторів класу тяги 3,0 найпоширенішими в Україні є трактори із маркою ХТЗ, пошук перспективної моделі базового трактора був обмежений моделями саме цього виробника.

Моделі колісних тракторів серії 160 були відхилені, оскільки вони мають не шарнірно-з'єднану, а суцільну вкорочену раму, внаслідок чого розміщення на ній гідравлічного крана-маніпулятора стає проблематичним. Крім того, такі трактори під час руху заднім ходом менш маневрені.

Трактори серії 170 відрізняються один від одного лише маркою двигуна, який на ньому встановлений. Враховуючи кон'юнктуру ринку, надійність двигуна, його вартість та перспективу подальших поставок найперспективнішою моделлю базового трактора для машини, яка пересаджує дерева з грудю землі можна вважати трактор ХТЗ-17221.

Опрацювання та аналіз можливих варіантів установки на агрегаті кранового обладнання дав можливість зробити висновки щодо доцільності установки гідрокрана на рамі задньої секції трактора. Підтвердження доцільності прийняття такого рішення стало можливим після аналізу перерозподілених навантажень, які діють на вісі, шарнірні з'єднання та механізм для навішування знарядь базового трактора.

Результати дослідження. Як відомо, кістяком колісного трактора ХТЗ-17221 (рис.1) становить рама, яка складається із передньої та задньої секцій, з'єднаних між собою вертикальним та горизонтальним шарнірами. Шарніри рами сприймають навантаження, які пов'язані із дією сил тяжіння мас передньої та задньої секцій трактора (G_1 та G_2), а також сил, які діють на задній навісний пристрій при агрегуванні трактора із сільськогосподарськими або лісгосподарськими машинами.

Виходячи із цього:

$$P_{ном} = \frac{G_1 \times a_1}{L - l_2} - \frac{G_2 \times a_2}{l_2} - \frac{G_{ном} \times l_4}{l_2}, \quad (1)$$

де G_1, G_2 – сили тяжіння маси передньої та задньої секцій трактора;

$G_{ном}$ – максимальна вантажопідйомність навісного пристрою;

L – поздовжня база трактора;

l_2 – горизонтальна координата вертикального шарніра;

l_4 – горизонтальна координата вісі підвісу;

a_1, a_2 – координати центрів мас передньої та задньої секцій трактора.

Значення робочих навантажень на вісі трактора можуть бути визначені із рівнянь моментів усіх сил відносно точок опору передніх та задніх коліс:

$$\sum M_a = 0; \quad R_B \times L - G(L - a) - G_{НОМ} (L - l_4) = 0;$$

$$R_B = \frac{G(L - a) + G_{НОМ} (L - l_4)}{L}; \quad (2)$$

$$\sum M_B = 0; \quad R_a \times L - G \times a - G_{НОМ} \times l_4 = 0;$$

$$R_a = \frac{G \times a - G_{НОМ} \times l_4}{L},$$

де G – експлуатаційна сила тяжіння маси трактора;
 a – горизонтальна координата центра маси трактора.

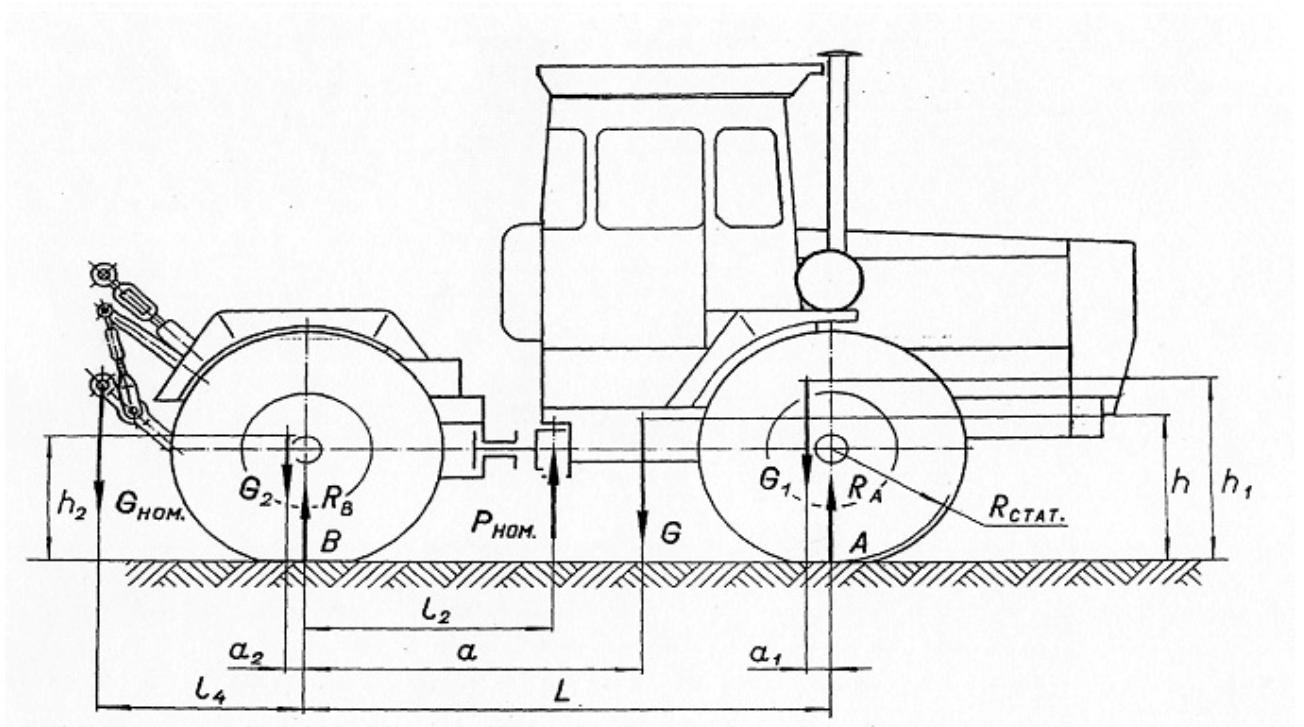


Рис. 1. Колісний трактор ХТЗ-17221 із шарнірно-з'єднаною рамою (схема внутрішніх навантажень)

Розглянемо далі сили, які діють на задній навісний пристрій трактора з боку машини для пересадки великомірних дерев (рис.2). Машина агрегатується із трактором за напівнавісною схемою через сферичний шарнір. Для визначення вертикальної складової реакції сил, які діють на сферичний шарнір, підсумуємо рівняння моментів усіх сил відносно точок опору коліс напівнавісного обладнання:

$$\sum M_D = 0; \quad R_C \times L_1 - G_{10} (L_1 - l_{10}) - G_{11} (L_1 - l_{11}) -$$

$$- 26_{12} \times (L_1 - l_{12}) - 26_{13} (L_1 - l_{13}) - G_{14} (L_1 - l_{14}) - \quad (3)$$

$$- G_{15} (L_1 - l_{15}) - G_{17} (L_1 - l_{17}) - G_{18} (L_1 - l_{18}) = 0 ,$$

звідки:

$$R_C = \frac{G_{10} (L_1 - l_{10}) + G_{11} (L_1 - l_{11}) + 2G_{12} (L_1 - l_{12}) + 2G_{13} (L_1 - l_{13})}{L_1} + \frac{G_{14} (L_1 - l_{14}) + G_{15} (L_1 - l_{15}) + G_{17} (L_1 - l_{17}) + G_{18} (L_1 - l_{18})}{L_1} , \quad (4)$$

де L_1 – відстань між проекцією на горизонтальну площину центра сферичного шарніра (точки С) та серединою відрізка, який з'єднує точки опору коліс машини, яка пересаджує великомірні дерева із грудною землею (точок D);

$l_{10}, l_{11}, l_{12}, l_{13}, l_{14}, l_{15}, l_{17}, l_{18}$ – позначення лінійних величин, які відповідають відстані між проекціями центрів мас вузлів та проекцією центру сферичного шарніра на горизонтальну площину;

$G_{10}, G_{11}, G_{12}, G_{13}, G_{14}, G_{15}, G_{17}, G_{18}$ – сила тяжіння мас двохплечого важеля, плити опорної, гідроциліндрів упора, гідроциліндрів підйому, рами машини, гідроциліндрів поздовжнього переміщення робочого органу, каретки із робочим органом, дерева із грудною землею.

Формули для визначення навантажень на вісі машини можна визначити із рівнянь моментів усіх сил відносно точки С:

$$\sum M_C = 0 \quad R_D \times L_1 - G_{10} \times l_{10} - G_{11} \times l_{11} - 2G_{12} \times l_{12} - 2G_{13} \times l_{13} - G_{14} \times l_{14} - 2G_{15} \times l_{15} - 2G_{16} \times L_1 - G_{17} \times l_{17} - G_{18} \times l_{18} = 0 , \quad (5)$$

звідки:

$$R_D = \frac{G_{10} \times l_{10} + G_{11} \times l_{11} + 2G_{12} \times l_{12} + 2G_{13} \times l_{13} + G_{14} \times l_{14} + 2G_{15} \times l_{15} + 2G_{16} \times L_1 + G_{17} \times l_{17} + G_{18} \times l_{18}}{L_1} , \quad (6)$$

де G_{16} – сила тяжіння маси опори у зборі.

Вертикальні реакції у сферичному шарнірі та в опорних точках коліс напівначіпного пристрою визначимо для трьох випадків:

1. Штоки гідроциліндрів переміщення робочого органа повністю висунуті, каретка максимально віддалена від сферичного шарніра;
2. Штоки гідроциліндрів втягнуті, каретка знаходиться на мінімальній відстані від сферичного шарніра;
3. Каретка займає проміжне положення. Проекція центра маси робочого органа на горизонтальну площину знаходиться на лінії, яка з'єднує опорні точки коліс.

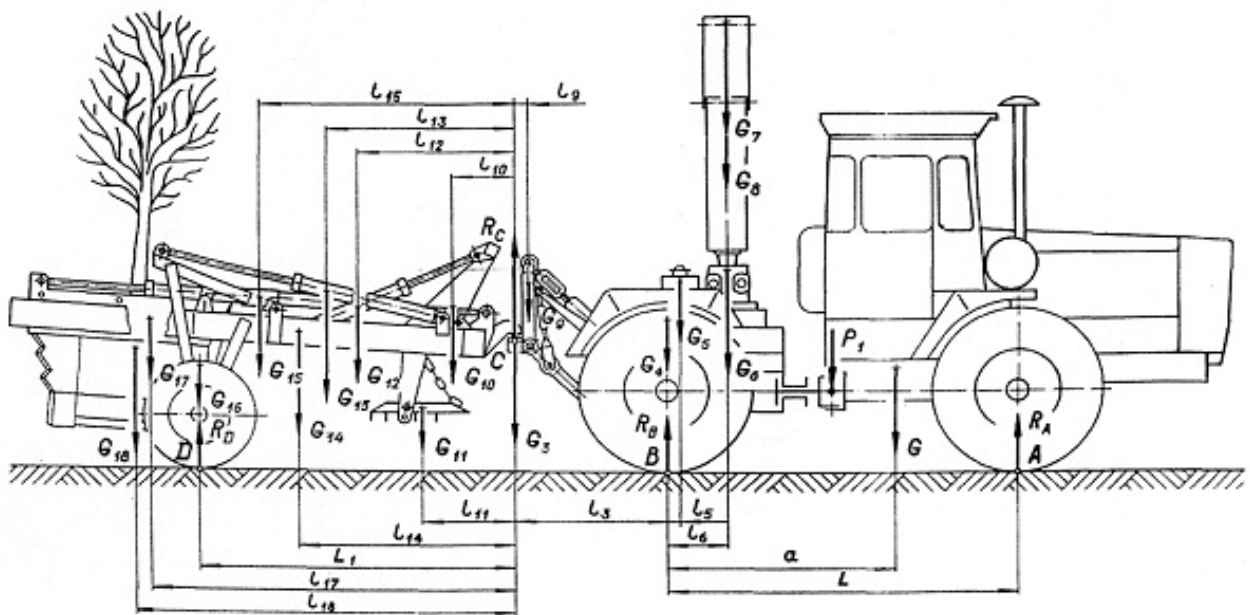


Рис. 2. Навантаження, що діють на вісі трактора та шаровий шарнір навісного пристрою

Кожний із трьох випадків розглядався при максимальному та мінімальному завантаженні робочого органу.

Аналіз розрахункових навантажень дозволяє зробити наступні висновки:

1. Навантаження на піввісі викопної машини незалежно від положення каретки та міри заповнення робочого органа ґрунтом не перевищують допустимі.
2. Оптимальним положенням каретки під час руху агрегату є „ проміжне ”, при якому центр маси робочого органа знаходиться над опірними точками коліс викопної машини.
3. Навантаження на шаровий шарнір, через який викопне обладнання з'єднується із базовим трактором, залежить від положення каретки та міри

заповнення робочого органу ґрунтом. Враховуючи, що максимальна вантажопідйомність механізму для навішування знарядь базового трактора ХТЗ-17221 становить 4000 даН (на шарнірах нижніх тяг), а маса гідравлічного крана-маніпулятора не перевищує 1500 кг, стає очевидною можливість установки цього крана на задній секції базового трактора.

4. На користь цього рішення свідчать і такі чинники:

- лонжерони задньої секції колісного трактора ХТЗ-17221 мають монтажні отвори, за допомогою яких зручно кріпити раму крана;

- встановлення крана на задній секції трактора вимагає незначної доробки її вузлів. Близьке до вибраного місця установки крана розташування агрегатів та гідромагістралей створює сприятливі умови для підключення до них гідросистем кранової установки із збереженням високого коефіцієнта корисної дії гідравлічної передачі;

- вибрана схема установки гідравлічного крана дозволяє максимально використати конструктивний виліт стріли, працювати на обидва боки трактора, укласти стрілу у транспортне положення в площині, яка паралельна поздовжній вісі трактора.

5. У процесі експлуатації крана максимальне навантаження на вертикальний шарнір не повинне перевищувати 10кН. Цю вимогу необхідно враховувати у процесі забезпечення умов стійкості тракторного гідрокрана.

Висновки. 1. У процесі модернізації машини для пересадки великомірних дерев із грудкою землі на новій елементній базі базовий трактор найдоцільніше використати енергонасичений висококліренсний колісний трактор загального призначення ХТЗ-17221 із двигуном потужністю 175 к.с.

2. Як вантажопідйомний механізм слід залучити гідравлічний кран-маніпулятор мод. 5943 із грузовим моментом 62,5 кНм.

3. Як варіант можливе використання з цією ж метою вантажопідйомного агрегату 9Т321 із грузовим моментом 50,0 кНм, але в такому випадку необхідна модернізація гідросистеми базового трактора.

4. З урахуванням маси вказаних гідрокранів-маніпуляторів та їх технічних характеристик оптимальним місцем для установки є рама задньої секції.

5. При вибраній схемі установки гідравлічного крана-маніпулятора координати центра маси трактора суттєво не змінюються.

6. Розподіл експлуатаційної маси по осях базового трактора знаходиться у межах допустимих значень.

7. Додаткове навантаження на задню вісь трактора покращує тягово-зчіпні характеристики базового трактора.

Список літератури

1. Августинович К.І. Визначення координат центра ваги трактора із шарнірно-з'єднаною рамою / Августинович К.І., Білоконь Я.Ю., Кудінов П.О. // Вісник сільськогосподарської науки. – 1982. – № 7. – С. 22-26.

2. Корсун Н.А. Агрегатирование тракторов Т-150 и Т-150К с сельскохозяйственными машинами / Корсун Н.А. – М. : Машиностроение, 1975. – 276 с.

3. Кушляев В.Ф. Лесозаготовительные машины манипуляторного типа / Кушляев В.Ф. – М. : Лесн. пром-сть, 1981. – 248 с.

4. Рось Я.В. Автокраны с объемным гидроприводом / Рось Я.В. – К. : Техніка, 1978. – 128 с.

5. Таубер Б.А. Подъемно-транспортные машины / Таубер Б.А. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 456 с.

6. Федоров В.В. Лесные трактора с манипуляторами / Федоров В.В. – М.: Лесн. пром-сть, 1978. – 80 с.

Выполнено анализ перераспределенных нагрузок, действующих на узлы колесного трактора класса 3,0. Изменение нагрузок обусловлено агрегатированием трактора с полунавесной машиной для пересадки крупномерных деревьев с комом земли и установкой на тракторе гидравлического крана-манипулятора.

Ключевые слова: колесный трактор, кран-манипулятор, шарнир, посадочный материал, выкопочная машина, каретка.

Lighted up results of analysis of loadings which operate on the knots of the wheeled tractor of class of traction 3,0. The change of loadings is conditioned the unitization of tractor with a napivnachipnoy machine for transplantation of trees from komom earth and setting on the tractor of hydraulic faucet-manipulator.

Keywords: wheeled tractor, faucet-manipulator, hinge, planting-stock, fossil machine, carriage.