

## РАСЧЕТ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ КАРДАННЫХ ПЕРЕДАЧ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА КОПАТЕЛЯ ДЛЯ УБОРКИ ТОПИНАМБУРА

*Хамзаев Асрорхон Акмалхонович,  
доцент*

*Холмирзаев Жавлонбек Закиржанович,  
доцент*

*Наманганского инженерно-строительного института*

**Аннотация.** В статье приведены результаты теоретико-экспериментальных исследований работы карданной передачи опытного образца копателя для уборки топинамбура.

Рекомендованы в качестве дополнительных элементов, вводимых в передачу резиновые демпферы, обеспечивающие стабильные и долгие работы карданной передачи опытного образца копателя для уборки топинамбура.

**Ключевые слова:** топинамбур, копатель, карданная передача, момент, почва, износ, уборка, угловая скорость, шарнир, ведущий вал.

**Annotation.** The article presents the results of a theoretical and experimental study of the operation of the cardan drive of a prototype digger for harvesting Jerusalem artichoke.

Rubber dampers are recommended as additional elements introduced into the transmission, which ensure stable and long-term operation of the cardan transmission of a prototype digger for harvesting Jerusalem artichoke.

**Key words:** Jerusalem artichoke, digger, driveline, moment, soil, wear, harvesting, angular velocity, hinge, drive shaft.

**Annotatsiya.** Maqolada Quddus artishokini yig'ish uchun prototip qazuvchining kardan haydovchisining ishlashini nazariy va eksperimental o'rganish natijalari keltirilgan.

Quddus artishokini yig'ish uchun prototip qazuvchining kardan uzatmasining barqaror va uzoq muddatli ishlashini ta'minlaydigan qo'shimcha elementlar sifatida rezina amortizatorlar transmissiyaga kiritilgan.

**Kalit so'zlar:** Quddus artishokasi, qazuvchi, qo'zg'alish chizig'i, moment, tuproq, eskirish, o'rim-yig'im, burchak tezligi, menteşe, haydovchi mil.

Работа карданной передачи опытного образца копателя для уборки топинамбура характеризуется весьма тяжёлым режимом: большие углы между валами шарниров, изменяющийся в процессе работы, запылённость и агрессивность среды[1-11]. Из-за тяжёлой режима работы карданных шарниров и неправильной эксплуатацией наиболее часто встречаются такие нарушения:

1. Несоблюдение условий сборки телескопического устройства карданного вала, в результате чего появляются очень большие углы между вилками промежуточного вала.

2. Нарушение режима смазки карданных шарниров.

Даже при правильной эксплуатации карданных шарниров срок службы их не превышает 300 часов, хотя завод – изготовитель гарантирует 600 часов при условии, что угол между валами шарниров не будет превышать  $15^\circ$  [12-19].

Наиболее характерные причины отказов карданных шарниров :

- образование мятин на поверхности шипов крестовин по образующим цилиндра или под углом;

- износ поверхности шипов;

- деформация крестовин и вилок шарниров;

На рисунке 1 представлена характерная осциллограмма. Из рисунка видна частота колебаний момента строго совпадает с частотой вращения вала. Величина отношения максимального значения момента ( $M_{max}$ ) к минимальному ( $M_{min}$ ) колеблется в довольно широком диапазоне – от 3 до 10 кратной в зависимости от поступившей почвы в Элеватор. Такие перепады вращающего момента оказывают существенное влияние на понижение срока службы карданных шарниров опытного образца копателя для уборки топинамбура [20-30].

Для выявления причин, вызывающих столь резкое изменение величины вращающего момента, передаваемого карданным валом от ВОМ трактора к опытному образцу копателя для уборки топинамбура исследования были проведены теоретические исследования кинематики и динамики карданной передачи.

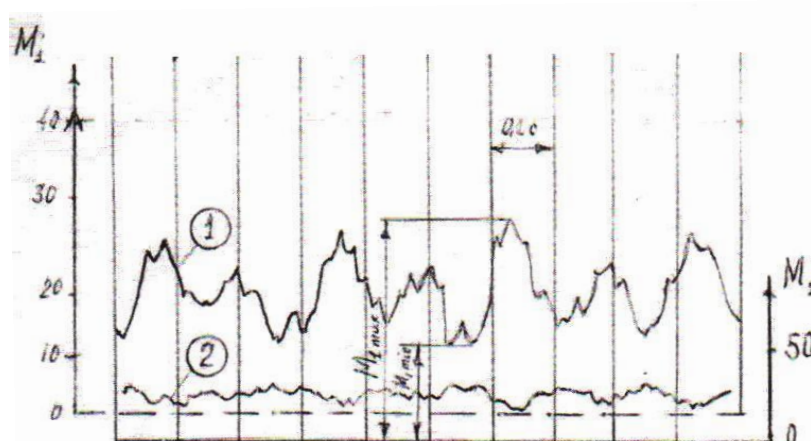


Рис.1 Характерная осциллограмма частота колебаний момента.

При постоянной угловой скорости ведущего звена угловая скорость ведомого звена скорость ведомого звена непостоянна, она выражает уравнением:

$$\omega_2 = \omega_1 \frac{\cos \alpha}{1 + \cos^2 \gamma \cdot \sin^2 \gamma} \quad (1)$$

где:  $\omega_{11}$  и  $\omega_2$  – угловые скорости соответственно ведущего и ведомого вала;

$\alpha$ - угол поворота ведущего вала;

$\gamma$ - угол между ведущими и ведомым валами передачи.

Известно, разность максимальной и минимальной угловой скорости ведомого вала отнесенная к средней угловой скорости этого звена, называется коэффициентом неравномерности:

$$\delta = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_{cp}}$$

Для карданной передачи опытного образца копателя для уборки топиамбура угловые скорости ведущего и ведомого валов постоянным при следующих условиях:

1. Углы между валами, соединяемых шарнирами, должны быть равны, т.е.  $\gamma_1 = \gamma_2$

2. Все валы передачи лежат в одной плоскости ведомой вилки ведущего шарнира и ведущей вилкой ведомого шарнира равен нулю.

Так как в реальной передаче выполнение этих условий обеспечить не возможно это значит угловые скорости ведущего и ведомого вала не равны. Тогда отношение угловых скоростей

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{\cos \gamma_1 \cdot \cos \gamma_2 (1 + \operatorname{tg}^2 \gamma_3) (1 + \operatorname{tg}^2 \gamma_3 \cdot \cos^2 \gamma_2)}{\sin^2 \alpha \cdot \cos^2 \gamma_2 (1 + \operatorname{tg}^2 \gamma_3)^2 + [\cos \alpha \cdot \cos \gamma_1 (1 + \operatorname{tg}^2 \gamma_3 \cdot \cos^2 \gamma_2) - \sin \alpha \cdot \sin^2 \gamma_2 \operatorname{tg} \gamma_3]^2}$$

В этой выражение обозначив:

$$A = \cos \gamma_1 \cdot \cos \gamma_2 (1 + \operatorname{tg}^2 \gamma_3 \cos^2 \gamma_2)$$

$$B = \cos^2 \gamma_2 (1 + \operatorname{tg}^2 \gamma_3)^2$$

$$C = \cos \gamma_2 (1 + \operatorname{tg}^2 \gamma_3 \cdot \cos^2 \gamma_2)^2$$

$$D = \sin^2 \gamma_2 \cdot \operatorname{tg}^2 \gamma_3$$

Получим

$$\omega_2 = \omega_1 \frac{A}{\sin^2 \alpha \cdot B + [C \cos \alpha \cdot D \sin \alpha]^2} \quad (2)$$

где  $\gamma_1, \gamma_2$ -углы между валами ведущего и ведомого шарнира;

$\gamma_3$ -угол между вилками промежуточного вала;

$\alpha$  - угол поворота ведущего вала.

Дифференцируя выражение (2) по времени, получим зависимость для определения углового ускорения на ведомом валу ( $J_2$ ). Далее, на основании равенства инерционных моментов возникающих на ведущих и ведомых валах передачи имеем по Чудакову [31-38]:

$$J_2 j_2 = J_1 j_1 \tag{3}$$

Где:  $J_1, J_2$  - соответственно моменту инерции масс ведущего и ведомого валов.

Отсюда значение инерционного момента на ведомом валу:

$$Mj = J_2 j_2 = J_2 \omega_1^2 \frac{\sin 2\alpha (b + c^2 + d^2) - 2cd \cos^2 \alpha}{\{b \sin^2 \alpha + [c \cos \alpha - d \sin \alpha]^2\}^2} \tag{4}$$

В зависимости от разных значений  $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$  можно построить семейство кривых, определяющих характер изменений инерционных моментов.

На рис.2 показаны одна из кривых этого семейства: изменение момента синусоидальный характер с периодом колебаний  $T=2\omega$ .

В карданной передаче имеют место удары в крестовине за один период, система получает два (противоположных) удара, равных по величине, но противоположных по направлению, как это видно на рис.2.

Суммируя графики (а) и (б), получаем кривую, характеризующую изменение дополнительного момента, возникающего в карданной передаче. Кривая (рис.2в) полученное теоретически, очень близка по характеру к осциллограммам, полученным при полевых измерениях (рис.1). Так как динамические нагрузки изменяются в широком диапазоне, то они, безусловно, будут отрицательно отражаться на работа способности как самой передачи, так и узлов всей машины.

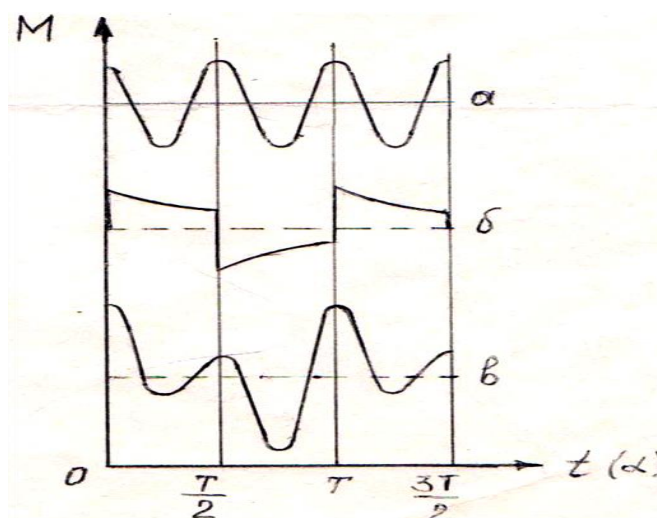


Рис.2. Изменение моментов

Одним из наиболее эффективных путей снижения динамических нагрузок является введения упругих элементов в кинематическую схему карданной передачи. Для качественной оценки влияния упругих элементов на работу карданной передачи служит дифференциальное уравнение

$$J_0 \ddot{\varphi} + x\dot{\varphi} + k\varphi = M + f(t)$$

$$\varphi = \varphi_0 + \varphi_1 \tag{5}$$

Здесь

$\varphi$  - общий угол закручивания промежуточного вала;

$\varphi_1, \varphi_0$  - угол закручивания промежуточного вала от переменной и постоянной частей момента;

$x$  - коэффициент учитывающий способность гасить колебания;

$k$  - упругость системы;

$M; f(t)$  - постоянная переменная части нагрузки.

Решение дифференциального уравнения (5) имеет вид:

а) с учётом упругости и затухания.

$$M_{gon} = k\varphi = \frac{kf_0(k - J_0\omega_2^2) \sin \omega t}{(k - J_0\omega_1^2)^2 + x^2\omega_1^2} - \frac{f_0 \cos \omega t}{(k - J_0\omega^2)^2 + x\omega_1^2}$$

Б) при абсолютно жестких валах

$$M_{gon} = f_0 \sin \omega t$$

Исследуем предельные случаи упругости системы:

1 при  $k \rightarrow \infty$  ( $k \gg J_0 \cdot \omega_2^1$ ) и  $x \rightarrow 0$  имеем  $M_{gon}^1 = M_{gon}$

2 при  $k \rightarrow J_0 \omega_1^2$  ( $k - J_0 \cdot \omega_2^1 = J_0 \omega_2^1$ ) и  $x \rightarrow 0$  имеем  $M_{gon}^1 = 2M_{gon}$

3 при  $k \rightarrow 0$  ( $k \ll J_0 \cdot \omega_1^2 = J_0 \omega_2^1$ ) и  $x \rightarrow 0$  имеем  $M_{gon}^1 \gg M_{gon}$

4. при  $k \rightarrow J_0 \omega_1^2$  имеем  $M_{gon}^1 \gg M_{gon}$  (резонанс)

5 при  $x\omega_1 \gg (k - J_0 \omega_1^2)$  имеем ( $M_{gon}^1 \gg M_{gon}$ )

На основании проведенного анализа предельных случаев можно заключит, что \_введение упругого элемента, который уменьшить жёсткость вала ( $k$ ), приведёт к резкому снижению дополнительного момента (пункт 5) .

На основании исследований можно рекомендовать в качестве дополнительного элементов, вводимых в передачу торсионные или резиновые демпферы, которые обеспечить стабильные и долгие работы карданного передачи опытного образца копателя для уборки топинамбура.

### Список литературы

1. Normirzaev, A., Eshanbabaev, A., Arslanov, B., Arslonov, J., Tuxliev, G., & Nishanov, B. (2016). Technical and economic assessment of efficiency of measures on regulation of traffic on mountain roads. *Journal of Mechanical and Civil Engineering. India*, 29.

2. Эшанбабаев, А. А., & Нормирзаев, А. Р. (2018). Движения автотранспорта на горных дорогах. In *ТЕХНОКОНГРЕСС* (pp. 25-29).
3. Эшанбабаев, А. А. (2018). Обеспечение безопасности движения автомобильного поезда на горных дорогах. *Научно-технический журнал ФарПИ*, 22(1).
4. Эшанбабаев, А. А., & Халимов, Ш. (2005). Столкновение-основной вид ДТП на горных дорогах и ряд комплексных мероприятий, направленных на предотвращение ДТП. *Научно-технический журнал ФарПИ*, (3).
5. Эшанбабаев, А. А. (2005). Особенности дорожных условия на горных участках дороги А-373, «Ташкент-Андижан-Ош» на участке 116-196км. *Научно-технический журнал ФарПИ*, (3).
6. Эшанбабаев, А. А. (2016). Методика измерения основных параметров горно-автомобильных дорог. *Научно-технический журнал ФарПИ*, 20(4).
7. Абдукаюм, Р. Н., Эшанбабаев, А. А., & Нурматов, А. Б. (2018). Движения автотранспорта на горных дорогах. *Современные научные исследования и разработки*, (2), 12-16.
8. Eshanbabaev, A. A. (2017). Application of additional banks for maintenance of safety of movement on passive roads of mountain roads (применение дополнительные полосы для обеспечения безопасности движения на перевальных участках горных дорог), *Международный научный журнал "Научное знание современности"*, Международных научно-практических конференций. Общества Науки и Творчества (г. Казань) за март. *Общества Науки и Творчества (г. Казань) за март*.
9. Normirzaev, A., Eshanbabaev, A., Nurmuxamedovna, B., Arslanov, J., & Tuxliev, G. (2016). Light-emitting diode sources of lightning as a source of lowering costs of service and energy consumption of traffic lights, high level of traffic movement safety. *Journal of Mechanical and Civil Engineering. India*, 29, 30-50.
10. Normirzaev, A. R., Eshanbabaev, A. A., Madrahimov, A. M., & Tuxliev, G. A. (2015). Safety of the movement on valley and perevalny sites of mountain roads. *Europaische Fachhochschule*, (1), 85-86.
11. Normirzaev, A. R., Eshanbabaev, A. A., Polvonov, A. S., Tuxliev, G. A., & Ogaliqov, M. (2015). Features of application of additional lanes on perevalny sites of roads in the mountain district. *Europaische Fachhochschule*, (1), 84-85.
12. Eshanbabaev, A. A. (2017). Application of additional banks for maintenance of safety of movement on passive roads of mountain roads. *Научное знание современности*, (3), 359-364.
13. Эшанбабаев, А. А. (2019). Особенности ДТП на горных дорогах. *Точная наука*, (39), 38-39.
14. Эшанбабаев, А. А., Рахимов, Р. Ш. У., & Хабибуллаев, Д. Х. У. (2022). БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА

- СПУСКАХ И ПОДЪЕМАХ НА ГОРНЫХ ДОРОГАХ. *Universum: технические науки*, (5-5 (98)), 64-66.
15. Эшанбабаев, А. А., Рахимов, Р. Ш. У., & Ахмаджонов, Ш. Н. У. (2022). ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ГОРНЫХ ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЯХ. *Universum: технические науки*, (5-5 (98)), 59-63.
  16. Эшанбабаев, А. А., & Хабибуллаев, Д. Х. У. (2021). МЕРЫ ПО БЕЗОПАСНОМУ ДВИЖЕНИЮ АВТОПОЕЗДОВ ПО ГОРНЫМ ДОРОГАМ. *Universum: технические науки*, (4-2 (85)), 42-45.
  17. Эшанбабаев, А. А., & Купайсинов, Д. (2021). ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГОРНОЙ ДОРОГИ. *Universum: технические науки*, (2-2 (83)), 22-24.
  18. Эшанбабаев, А. А. (2020). ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ГОРНЫХ ДОРОГАХ. *Инженерные решения*, (6), 4-8.
  - Эшанбабаев, А. А. (2020). ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ГОРНЫХ ДОРОГАХ. *Инженерные решения*, (6), 4-8.
  19. Эшанбабаев, А. А. (2019). MEASURES TO IMPROVE ROAD SAFETY IN TUNNELS ON MOUNTAIN ROADS. *Scientific Bulletin of Namangan State University*, 1(10), 149-152.
  20. Эшанбабаев, А. А. (2019). ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТОФОРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ДОРОГАХ. *Точная наука*, (63), 21-24.
  21. Эшанбабаев, А. А. (2018). МЕРОПРИЯТИЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ АВТОПОЕЗДА НА ГОРНЫХ УЧАСТКАХ ДОРОГ. *Точная наука*, (23), 12-15.
  22. Эшанбабаев, А. А. (2018). ОСОБЕННОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ГОРНЫХ УЧАСТКАХ ДОРОГ. In *ИННОВАЦИИ В НАУКЕ И ПРАКТИКЕ* (pp. 58-65).
  23. Arslanovich, E. A. (2017). MEASURES TO IMPROVE SAFETY ON THE MOUNTAIN ROADS. *Science Time*, (2 (38)), 413-416.
  24. Arslanovich, E. A. (2017). MEASURES TO INCREASE THE SAFETY MOVEMENTS WHILE CLIMBING AND GOING DOWN ON THE MOUNTAIN ROADS. *Science Time*, (2 (38)), 417-420.
  25. Arslanovich, E. A. (2016). THE CLASH-THE MAIN TYPE OF ACCIDENT ON THE MOUNTAIN ROADS AND A NUMBER OF COMPREHENSIVE MEASURES TO PREVENT TRAFFIC ACCIDENTS. *Science Time*, (5 (29)), 789-791.
  26. Arslanovich, E. A. (2016). AUTOMOBILE CROSS-PROFILE ROAD SAFETY IMPACT ASSESSMENTS. *Science Time*, (5 (29)), 786-788.
  27. Eshanbabaev, A. A. (2016). The current positive and negative effects of automobiles on the human's health and atmosphere. *European Applied Sciences: challenges and solutions*, 99-101

28. Eshanbabaev, A. A. (2015). Improvement of traffic safety on descents and raising of mountain roads. *Europaische Fachhochschule*, (1), 94-94.
29. Eshanbabaev, A. A. (2014). Safety of movement of the automobile train on mountain roads. *Europaische Fachhochschule*, (2), 101-103.
30. Akbarov, I. G., Negmatov, S. S., & Boydadaev, M. B. (2020). Issledovanie osobennostey i fizikokhimicheskix svoystv nemodifitsirovannyx neftyanyx bitumnyx materialov. *Universum: Texnicheskie nauki: elektron. nauchn. jurn*, 2, 71.
31. Акбаров, И. Г., Негматов, С. С., & Бойдадаев, М. Б. У. (2020). Исследование особенностей и физико-химических свойств немодифицированных нефтяных битумных материалов. *Universum: технические науки*, (2-1 (71)), 72-75.
32. Akbarov, I., Boydadayev, M., & Madraximov, M. A. (2021, February). Optimal Technological Modes For Producing Bitumen Rubber Composition. In *International Scientific and Current Research Conferences* (pp. 40-45).
33. Акбаров, И. Г., Азизов, З. А., Негматов, С. С., & Бойдадаев, М. Б. У. (2020). РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ПОЛУЧЕНИЯ БИТУМНО-РЕЗИНОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ. *Universum: технические науки*, (10-1 (79)), 64-68.
34. Акбаров, И. Г., Негматов, С. С., Солиев, Р. Х., & Мадрахимов, А. М. (2020). ИССЛЕДОВАНЫ ВЛИЯНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА СВОЙСТВА БИТУМНЫХ КОМПОЗИЦИЙ. In *НАУКА И ТЕХНИКА. МИРОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ* (pp. 8-11).
35. Djuraev, A., Rosulov, R., Kholmiraev, J., Diyorov, N., & Berdimurodov, U. (2021). Development of effective construction and justification of parameters of the cleaner of fibrous material. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 304). EDP Sciences.
36. Холмирзаев, Ж. З., Кучкоров, С. К., & Эксанова, С. Ш. (2020). Ударно-Вращательная Динамическая Модель Рабочего Органа Очистителя Хлопка. *Концепции И Модели Устойчивого Инновационного Развития*, 137.
37. Zakirjanovich, K. J., Karimjonovich, K. S., & Gulomjanovich, A. I. (2021). Periodic volatile modes in the working organ of a cotton purifier. *NVEO-NATURAL VOLATILES & ESSENTIAL OILS Journal* | NVEO, 10763-10769.
38. Djuraev, A., Sayitqulov, S., Mavlyanov, A., Kholmiraev, J., & Joraeva, M. (2022). Analysis of the diameter of the pins of the drum of a cotton-cleaning unit on the efficiency of cleaning raw cotton. *Современные инновации, системы и технологии*, 2(1), 51-56.