

УДК 621.646
Код ВАК 05.20.01

DOI: 10.52463/22274227_2021_39_73

А.В. Тельминов, В.З. Муфтахов, А.В. Фоминых, В.А. Наветкин

РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ ПРИВОДОВ РУЧНЫХ ДВУХСКОРОСТНЫХ НЕПОЛНОПОВОРОТНЫХ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРОЙ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КУРГАНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ
АКАДЕМИЯ ИМЕНИ Т.С. МАЛЬЦЕВА», КУРГАН, РОССИЯ

A.V. Tel'minov, V.Z. Muftakhov, A.V. Fominykh, V.A. Navetkin

DEVELOPMENT AND TESTING OF MANUAL TWO-SPEED NON-SWIVEL GEAR SYSTEMS FOR PIPELINE VALVE CONTROL

FEDERAL STATE BUDGETARY EDUCATIONAL INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION «KURGAN STATE
AGRICULTURAL ACADEMY NAMED AFTER T.S. MALTSEV», KURGAN, RUSSIA

Александр Владимирович Тельминов
Aleksandr Vladimirovich Tel'minov
telminov@list.ru

Вадим Зирякович Муфтахов
Vadim Ziryakovich Muftakhov
AuthorID 1108687
muftahovvz@gmail.com

Александр Васильевич Фоминых
Alexander Vasilievich Fominykh
доктор технических наук, профессор
AuthorID 686533
prof_fav@mail.ru

Вадим Андреевич Наветкин
Vadim Andreevich Navetkin
AuthorID: 1123915
vadimnavetkin@gmail.com

Аннотация. Оператор управляет открытием и закрытием трубопроводной арматуры (ТПА) вращением маховика, установленного на шпинделе ТПА или на входном валу редуктора. Сила на маховике не должна превышать 250 Н. Время полного открытия или закрытия шаровых кранов при ручном управлении не более 300 с. Уменьшение времени открытия и закрытия является актуальной задачей. Работа выполнена при поддержке гранта. Договор гранта № 403ГР/44374.

Цель работы - уменьшение времени открытия и закрытия шаровых кранов путём организации производства типоряда приводов с изменением крутящего момента на выходном валу привода. **Методика.** Цель испытаний – определение выходного крутящего момента, расчёт КПД привода, прочностные испытания. Испытания приводов проведены в научно-испытательной лаборатории ООО НПФ «МКТ-АСДМ» с использованием поверенных приборов. **Результаты.** Для управления трубопроводной арматурой, например шаровыми кранами, нами разработаны и испытаны приводы ручные двухскоростные неполноповоротные. Первая (пониженная) скорость приводов позволяет прикладывать к запирающему элементу более высокий крутящий момент. Вторая (повышенная) скорость приводов позволяет увеличить скорость поворота запирающего элемента при пониженном моменте сопротивления вращению. Проведены типовые испытания привода для страгивания или затягивания шара используется первая (пониженная) скорость с большим передаточным отношением (448) в пределах 4...5 оборотов маховика. Далее нагрузка на запирающий элемент резко уменьшается и его перемещение осуществляется на второй (повышенной) скорости с передаточным отношением 112, что в 4 раза быстрее, чем на односкоростном приводе. Привод выдерживает увеличенный до 264% крутящий момент на выходном валу. **Научная новизна.** Выполненная работа по созданию двухскоростных неполноповоротных приводов с типом присоединения F12, F14, F16, F25 позволила достичь поставленных целей: уменьшить время открытия/закрытия шаровых кранов за счёт использования второй повышенной скорости привода и уменьшить силы на маховике в момент страгивания и затягивания шара за счёт использования первой пониженной передачи с большим передаточным числом. **Практическая значимость.** Вся линейка разработанных приводов ручных неполноповоротных двухскоростных (МНГ.ПРН-F12, МНГ.ПРН-F14, МНГ.ПРН-F16, МНГ.ПРН-F25) запущена в производство на базе предприятий ООО

«Машнефтегаз» и ООО «МКТ АСДМ».

Ключевые слова: привод, трубопроводная арматура, высокое давление, шаровой кран, крутящий момент.

Abstract. The operator controls the opening and closing of the pipeline valves (TPA) by rotating the flywheel installed on the TPA spindle or on the input shaft of the reduction gear box. The force on the flywheel must not exceed 250 N. The time of complete opening or closing of ball cranes with manual control is not more than 300 s. Reducing the opening and closing time is an urgent task. The work was carried out with the support of a grant. Grant Agreement No. 403GR/44374. **The purpose of the work** is to reduce the opening and closing time of ball cranes by organizing the production of a series of drives with a change in torque on the output shaft of the drive. **Technique.** The purpose of the tests is to determine the output torque, calculate the efficiency of the drive, strength tests. Tests of drives were carried out in the scientific testing laboratory of LLC NPF MKT-ASDM using certified instruments. **Results.** For the control of pipeline valves, for example ball valves, we have developed and tested manual two-speed non-rotating drives. The first (reduced) speed of the actuators allows higher torque to be applied to the locking element. The second (increased) speed of the actuators allows increasing the speed of rotation of the locking element with a reduced torque of resistance to rotation. Typical tests of the drive have been carried out. For straining or tightening the ball, the first (reduced) speed with a high gear ratio (448) within the limits of 4... 5 revolutions of the flywheel is used. Further, the load on the locking element is sharply reduced and its movement is carried out at a second (increased) speed with a gear ratio of 112, which is 4 times faster than on a single-speed drive. The drive withstands an increased torque of 264% on the output shaft. **Scientific novelty.** The work done to create two-speed incomplete rotary drives with the type of connection F12, F14, F16, F25 made it possible to achieve the goals: to reduce the opening/closing time of ball cranes due to the use of the second increased speed of the drive and reduce the forces on the flywheel at the time of sliding and tightening the ball due to the use of the first reduced gear with a high gear ratio. **Practical significance.** The entire line of developed manual non-rotating two-speed drives (MNG.PRN-F12, MNG.PRN-F14, MNG.PRN-F16, MNG.PRN-F25) was put into production on the basis of the enterprises of Mashneftegaz LLC and MKT ASDM LLC.

Keywords: drive, pipeline valves, high pressure, ball valve, torque.

Введение. Объёмы применения и разнообразие трубопроводной арматуры (ТПА) увеличиваются с каждым днём, в том числе и в гидравлических системах сельского хозяйства [1-3]. Ручной привод - устройство для управления ТПА, в котором используется, как сказано в нормативных документах, «энергия человека». Оператор управляет открытием и закрытием ТПА вращением маховика, установленного на шпинделе ТПА или на входном валу редуктора. Сила на маховике не должна превышать 250 Н. Время полного открытия или закрытия шаровых кранов при ручном управлении не более 300 с [4-7]. Уменьшение времени открытия и закрытия является актуальной задачей.

Цель работы – уменьшение времени открытия и закрытия шаровых кранов путём организации производства типоряда приводов с изменением крутящего момента на выходном валу привода.

Методика. Разработка ручных двухскоростных приводов проведена в три этапа:

1. Этап научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию двухскоростных неполноповоротных приводов с типом присоединения F12, F14, F16, F25. Были выполнены следующие работы:

1.1. Патентный поиск и анализ существующих конструктивных решений;

1.2. Разработка эскизных проектов по каждому типу двухскоростного неполноповоротного привода.

1.3. Расчёты силовые и прочностные с применением специализированного ПО для всех типов двухскоростных неполноповоротных приводов.

1.4. Разработка технических проектов для всех типов двухскоростных неполноповоротных приводов.

2. Этап. От разработки конструкторской документации (КД) до изготовления опытных образцов:

2.1. Разработка КД для всех типов двухскоростных приводов для шаровых кранов.

2.2. Написание технических условий (ТУ) для типоряда двухскоростных неполноповоротных приводов для шаровых кранов.

2.3. Определение механических свойств материалов, используемых в производстве двухскоростных неполноповоротных приводов.

2.4. Изготовление опытных образцов всех типов двухскоростных приводов для шаровых кранов.

2.5. Написание программы и методики испы-

таний опытных образцов для всех типов двухскоростных приводов.

3. Этап. От написания программы и методики испытаний до написания отчёта о выполненной работе.

3.1. Написание программы и методики испытаний опытных образцов для всех типов двухскоростных приводов.

3.2. Испытания опытных образцов всех типов двухскоростных приводов для шаровых кранов.

3.3. Корректирование конструкторской документации и технических условий для всех типов двухскоростных неполноповоротных приводов для шаровых кранов.

3.4. Написание эксплуатационной документации для типоряда двухскоростных неполноповоротных приводов для шаровых кранов.

3.5. Написание научно-технического отчёта о выполненной работе.

Работа выполнена при поддержке гранта. Договор гранта № 403ГР/44374.

Нами разработан, запатентован, изготовлен, испытан и внедрён в производство привод ручной двухскоростной неполноповоротный (рисунок 1).

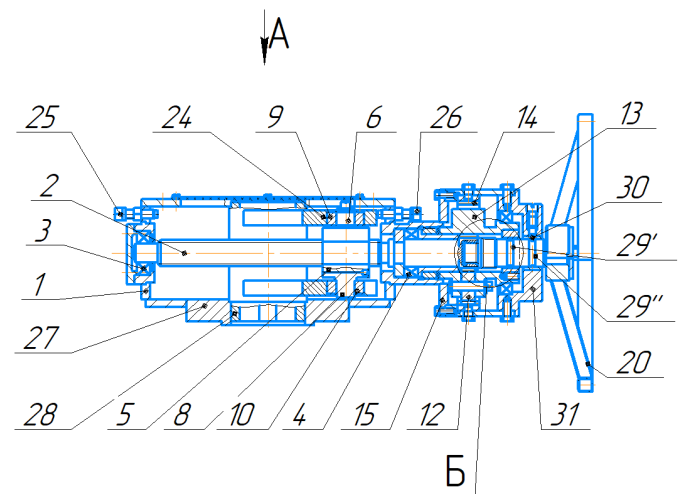


Рисунок 1 – Привод ручной двухскоростной неполноповоротный, патент RU189234U1

Ручной двухскоростной неполноповоротный привод (привод) состоит из цилиндрического корпуса 1, ходового винта 2, нижний конец которого установлен в шарикоподшипнике 3, а верхний – в упорном шарикоподшипнике 4. Винт управляет ходовой гайкой 5, имеющей верхнюю 6 и нижнюю 8 цапфы. Цапфы снабжены сухарями 9 и 10. На противоположном конце ходового винта 2 выполнено наружное зубчатое колесо 11 (рисунок 2).

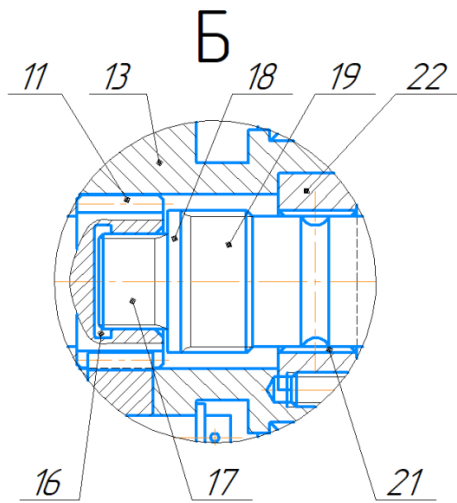


Рисунок 2 – Узел переключения передач

Через сателлиты 12, размещённые в водиле 13, зубчатое колесо 11 взаимодействует с неподвижным зубчатым колесом 14, закрепленным на внутренней стороне корпуса приставки 15. На торце ходового винта 2 выполнена шлицевая выемка 16, сопрягаемая с ответной частью вала управления 17. Шлицевая часть вала ограничена буртом 18, за которым выполнены наружные шлицы 19. Маховик 20 закреплён на вале 17. При переключении скоростей, посредством перемещения маховика 20 и вала 17 вдоль оси вала, шлицы вала соединяются с внутренними шлицами 21 торцевой стенки 22 водила 13. Сухари 9 и 10 размещены в пазах 23 сдвоенной кулисы 24 (рисунок 3).

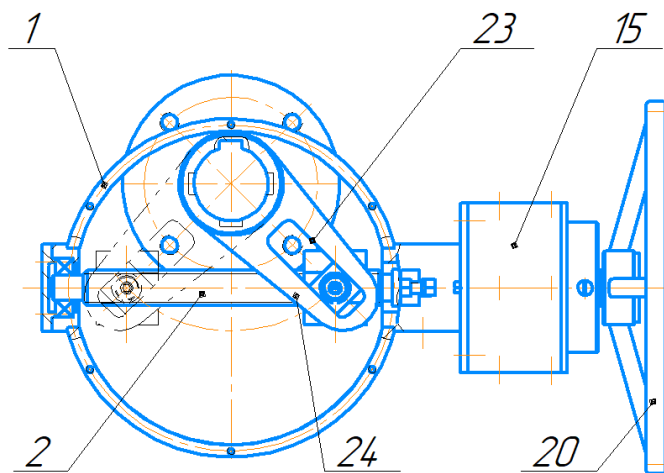


Рисунок 3 – Привод ручной двухскоростной неполноповоротный. Вид сверху

Ход кулисы ограничен регулируемыми упорами 25 и 26. В нижней стенке 27 корпуса выполнен адаптор 28 для соединения с ТПА.

Вал управления имеет две канавки 29' и 29'' для взаимодействия с фиксатором 30, размещенным в торцевой стенке 31 корпуса приставки 15. На верхней крышке 32 корпуса выполнен паз 33 с указателем хода 7, закрытый прозрачной пластиной 34, и нанесена маркировка «З» – закрыто и «О» – открыто (рисунок 4).

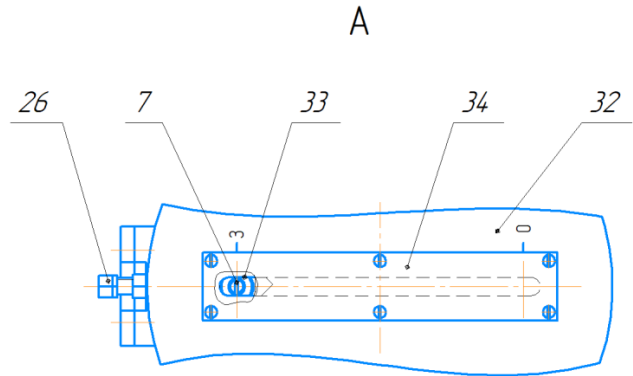


Рисунок 4 – Указатель положения запирающего элемента трубопроводной арматуры

Работа привода. Открытие из положения «закрыто». В данном положении на запирающий элемент ТПА действует максимальное давление рабочей среды. Для открытия необходимо приложить к адаптору максимальной крутящий момент [8-12]. Момент от силы оператора, прикладываемой к маховику, передается на сдвоенную кулису и адаптор. После возникновения минимального зазора в затворе ТПА для прохода рабочей среды происходит уменьшение перепада давления во входном и выходном патрубках и оператор движением «на себя» перемещает маховик. При этом производится разъединение шлицевого соединения ходового винта 2 и вала управления 17, а также производится соединение крышки 22 водила 13 со шлицами 19, а фиксатор 30 переходит из канавки 29'' в канавку 29'. Момент от маховика передается через вал 17, водило 13, неподвижное колесо 14, сателлиты 12 на зубчатое колесо 11 ходового вала 2. При достижении указателя хода, соответствующего маркировке «О» (открыто) на верхней крышке, затвор ТПА полностью открыт.

Закрытие. Затвор ТПА находится в открытом положении. В этом случае для страгивания из состояния покоя необходимо установить маховик в положение, когда шлицы вала управления 17 соединены со шлицами выемки 16 ходового винта 2. После страгивания запирающего элемента движением маховика «на себя» необходимо соединить вал управления 17 с ходовым винтом 2 через планетарный механизм. При пе-

рекрытия запирающим элементом проходного сечения ТПА, когда давление рабочей среды полностью воздействует на затвор, движением маховика «от себя» соединяем напрямую вал управления и ходовой винт 2 и производим полное закрытие затвора ТПА, при этом указатель 7 совпадает с маркировкой «З» (закрыто) на крышке привода.

Благодаря тому, что как открытие, так и закрытие трубопроводной арматуры производится двумя скоростями: низкой скоростью в момент страгивания (преодоление трение покоя) и высокой скоростью при разгруженном запорном органе с использованием передаточного числа планетарного механизма, значительно снижается время цикла «открыто-закрыто», а значит, и повышаются потребительские свойства неполноповоротного двухскоростного привода [13-17].

Результаты. В результате выполненной работы по созданию двухскоростных неполноповоротных приводов с типом присоединения F12, F14, F16, F25 достигнуты поставленные техническим заданием цели: уменьшено время открытия/закрытия шарового крана путем включения второй (повышенной) скорости привода, в сравнении с существующими конструкциями, и

уменьшена сила воздействия на маховик привода при страгивании и затягивании шара путем использования первой (пониженной) скорости с увеличенным передаточным отношением, в сравнении с существующими конструкциями.

Типовые испытания привода. Цель испытаний – определение выходного крутящего момента, расчёт КПД привода, прочностные испытания. Испытания проведены в научно-испытательной лаборатории ООО НПФ «МКТ-АСДМ» с использованием поверенных приборов [4]. Испытательный стенд МНГ.ИС-ПР (рисунок 5) состоит из рамы 1, на которой установлен корпус стенда 3.

Электронные преобразователи сигнала 50 и программа обработки данных Z-LAB визуализируют результаты измерений (рисунок 6).

Внутри корпуса располагается вал 6, соединяющий привод через полумуфту 25, 26, 27 с рычагом 12. Рычаг соединён с тензодатчиком 36, который измеряет прилагаемую силу. Приводы с различным типом присоединения закрепляются на корпусе стенда через сменные фланцы 23 и 24.

Для установки привода МНГ.ПРН-F16 на корпус стенда МНГ.ИС-ПР предварительно устанавливается сменный фланец и сменная полумуфта с присоединением типа F16. Сменный фланец закрепляется крепёжными болтами на

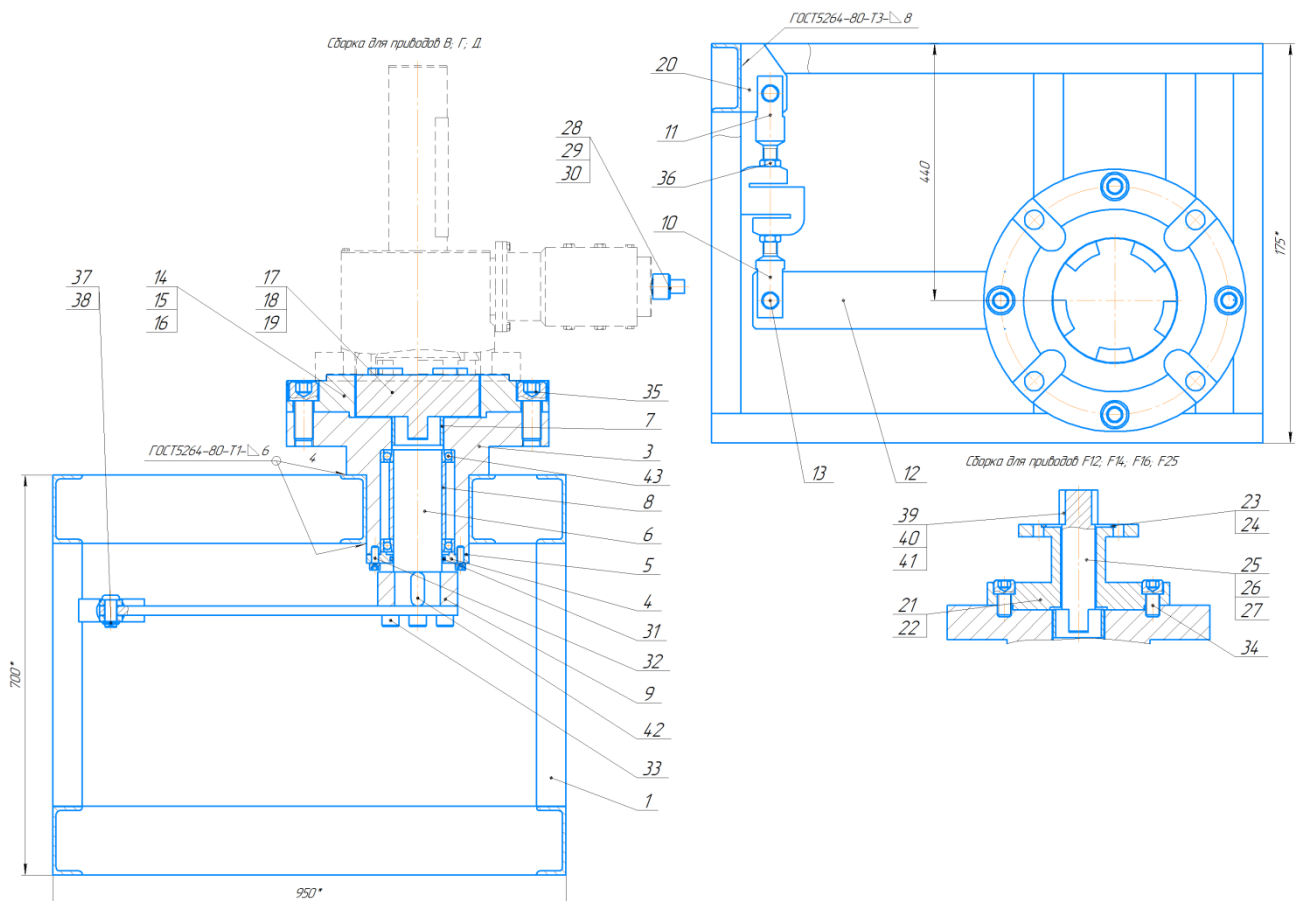


Рисунок 5 – Схема испытательного стенда МНГ.ИС-ПР

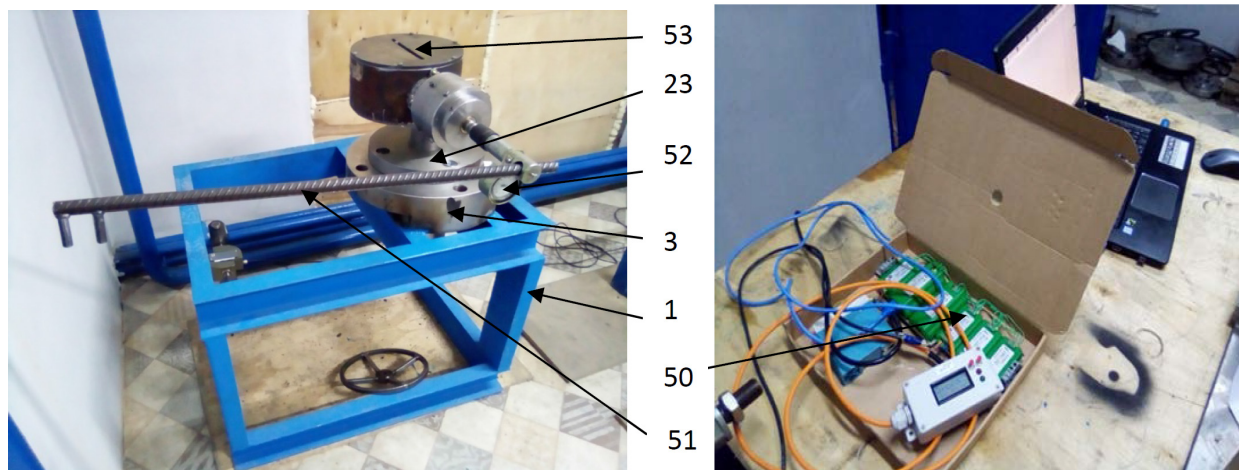


Рисунок 6 – Испытательный стенд МНГ.ИС-ПП

корпусе стенда. Оператор вращает входной вал привода через рычаг (рисунок 5 поз.51) и динамометрический ключ МТ-1 52, прикладывая крутящий момент, соответствующий марке привода и этапу испытания.

Для измерения крутящих моментов при закрытии шарового крана на входном валу привода задается вращение по ходу движения часовой стрелки с крутящим моментом 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%, 120% от номинального (0, 40, 80, 120, 160, 200 Нм). Нагрузка на входном валу фиксируется в течение 5 секунд для прорисовки ступеньки на графике выходного крутящего момента.

Для измерения крутящих моментов при открытии шарового крана на входном валу привода задается вращение против хода движения часовой стрелки с крутящим моментом 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%, 120% от номинального

(0, 40, 80, 120, 160, 200 Нм) [6, 7]. Нагрузка на входном валу фиксируется в течение 5 секунд для прорисовки ступеньки на графике выходного крутящего момента (рисунок 7).

Программа Z-LAB показывает силу (рисунок 7) на S-образном тензодатчике стенда (Тензо-М С2-С3-3т). Полученные значения силы пересчитаны в крутящий момент путём умножения их на длину 0,6 м рычага 12 (рисунок 5). Результаты испытаний привода МНГ.ПРН-F16 приведены в таблице 1.

Рассчитывается КПД привода как отношение фактического и расчётного крутящего момента на выходном валу по формуле:

$$\eta = \frac{M_{кр \phi}}{M_{кр p}} \quad (1)$$

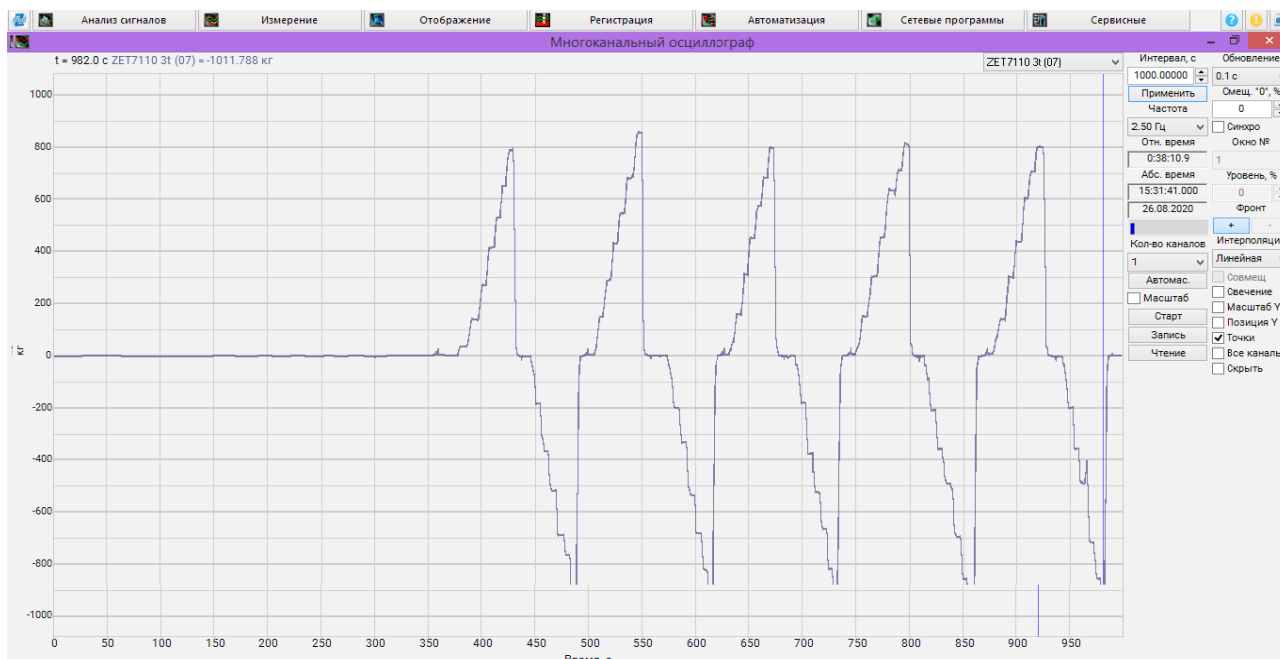


Рисунок 7 – График сил на рычаге стенда при открытии и закрытии

Таблица 1 – Результаты испытания привода

Изм.№	По часовой							Против часовой						
	0 Нм	20%	40%	60%	80%	100%	120%	0 Нм	20%	40%	60%	80%	100%	120%
	0 Нм	40 Нм	80 Нм	120 Нм	160 Нм	200 Нм	240 Нм	0 Нм	40 Нм	80 Нм	120 Нм	160 Нм	200 Нм	240 Нм
Измерения														
1	-0,9	-238,6	-405,0	-545,2	-753,1	-909,3	-1091,9	4,3	159,7	318,8	451,7	593,9	735,1	877,2
2	7,0	-238,7	-419,4	-586,1	-756,2	-950,6	-1104,9	10,4	176,1	343,0	501,0	661,4	764,0	918,2
3	2,0	-234,3	-419,0	-605,6	-746,7	-935,6	-1137,9	10,4	163,3	340,6	496,4	652,6	797,9	920,3
4	-1,3	-198,2	-385,6	-543,6	-797,2	-937,6	-1090,7	2,9	163,0	341,1	514,0	681,1	800,2	915,0
5	-3,9	-239,3	-425,0	-605,7	-801,6	-965,0	-1069,3	6,2	173,9	334,2	498,7	676,1	820,1	907,5
Среднее значение измерений														
	0,6	229,8	410,8	577,2	771,0	939,6	1098,9	6,8	167,2	335,5	492,3	653,0	783,4	907,7
Отклонения измерений от среднего значения														
1	-1,5	-8,8	5,8	32,1	17,9	30,3	7,1	-2,5	-7,5	-16,7	-40,7	-59,2	-48,3	-30,5
2	6,4	-8,9	-8,6	-8,9	14,8	-11,0	-6,0	3,6	8,9	7,4	8,7	8,4	-19,5	10,6
3	1,4	-4,4	-8,2	-28,4	24,3	4,0	-39,0	3,6	-3,9	5,0	4,0	-0,4	14,4	12,7
4	-1,9	31,6	25,2	33,7	-26,3	2,0	8,272	-3,9	-4,2	5,6	21,6	28,1	16,8	7,3
5	-4,5	-9,5	-14,2	-28,5	-30,6	-25,4	29,7	-0,6	6,7	-1,3	6,39	23,1	36,6	-0,1
Квадрат отклонения														
1	2,2	76,6	33,3	1028,9	319,7	919,8	50,1	6,5	56,3	279,0	1653,6	3499,4	2335,2	927,4
2	41,2	79,4	73,2	79,1	218,2	121,3	35,6	12,7	79,4	55,3	74,8	70,0	380,0	111,9
3	2,0	19,7	67,4	805,1	588,1	16,1	1519,4	12,7	15,4	25,3	16,1	0,2	207,8	160,4
4	3,5	998,4	635,6	1133,4	689,6	4,1	67,6	15,5	17,7	31,1	467,3	789,8	280,8	54,0
5	20,1	90,1	202,2	810,8	938,8	642,7	879,1	0,4	45,3	1,8	40,8	533,3	1342,9	0,0
Среднеквадратическое отклонение														
	3,7	15,9	14,2	27,8	23,5	18,5	22,6	3,1	6,5	8,9	21,2	31,3	30,2	15,8
3σ														
	11,1	47,7	42,7	83,3	70,4	55,4	67,8	9,3	19,6	26,6	63,7	93,8	90,5	47,5

Расчётный крутящий момент находится как произведение входного крутящего момента ($M_{кр\ вх}$) и передаточного отношения привода (u) (448 для привода МНГ.ПРН-F16) по формуле:

$$M_{кр\ р} = M_{кр\ вх} \cdot u \quad (2)$$

Результаты вычисления КПД привода МНГ. ПРН-F16 на каждом этапе измерений и средние значения КПД по всем измерениям приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Вычисление КПД привода

Вход. кр. момент, Нм	Расч.вых. кр. момент, Нм	По часовой		Против часовой		КПД	
		на вых. валу, кг	на вых. валу, Нм	на вых. валу, кг	на вых. валу, Нм	по часов.	ПРОТИВ часов.
40	17920	229,8	1842,6	167,2	1990,2	0,10	0,11
80	35840	410,8	3506,4	335,5	3807	0,10	0,11
120	53760	577,2	5017,8	492,3	5040,6	0,09	0,09
160	71680	771,0	5811	653,0	7273,8	0,08	0,10
200	89600	939,6	6953,4	783,4	7809,6	0,08	0,09
240	107520	1098,9	7663,2	907,7	8794,8	0,07	0,08
x	x	x	x	x	Среднее:	0,09	0,10

Результаты испытаний привода МНГ. ПРН-F16 на стенде МНГ.ИС-ПР:

1. Привод выдерживает увеличенный до 264% крутящий момент на выходном валу.
2. КПД привода составляет 9% при закрытии задвижки и 10% – при открытии.

Выводы.

1. Для страгивания или затягивания шара используется первая (пониженная) скорость с большим передаточным отношением (448) в пределах 4...5 оборотов маховика. Далее нагрузка на запирающий элемент резко уменьшается и его перемещение осуществляется на второй (повышенной) скорости с передаточным отношением 112, что в 4 раза быстрее, чем на односкоростном приводе. Привод выдерживает увеличенный до 264% крутящий момент на выходном валу.

2. Выполненная работа по созданию двухскоростных неполноповоротных приводов с типом присоединения F12, F14, F16, F25 позволила достичь поставленных техническим заданием целей: уменьшить время открытия/закрытия шаровых кранов за счёт использования

второй повышенной скорости привода и уменьшить силы на маховике в момент страгивания и затягивания шара за счёт использования первой пониженной передачи с большим передаточным числом.

3. Вся линейка разработанных приводов ручных неполноповоротных двухскоростных (МНГ.ПРН-F12, МНГ.ПРН-F14, МНГ.ПРН-F16, МНГ.ПРН-F25) запущена в производство на базе предприятий ООО «Машнефтегаз» и ООО «МКТ АСДМ».

4. Недостаток привода – низкий коэффициент полезного действия. Дальнейшие исследования направлены на разработку привода с высоким коэффициентом полезного действия.

Список литературы

- 1 Типовое проектное решение технологических линий для подготовки нетрадиционных компонентов комбикормов / С.В. Брагинец [и др.] // Вестник Курганской ГСХА. 2018. № 1 (25). С. 68-71.
- 2 Царевский Я.А., Цыпленков Д.С., Ширяев В.Н., Тарасьянц С.А. Гидравлический расчет установки для удаления иловых отложений первичных отстойников канализационных очистных сооружений // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 4 (32). С. 77-80.
- 3 Максимов Н.М., Морозов В.В. Результаты многофакторного исследования работы пара в парогенераторе при перетопке на пасаках // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 1 (29). С. 77-80.
- 4 Фоминых А.В., Пошивалов Е.А., Сухов С.А. Регулирование расхода на водозаборе в системе первого подъема воды // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. 2014. Т. 70. С. 136-140.
- 5 Фоминых А.В., Фомина С.В., Стрекаловских Н.С. Установка для определения характеристик водоструйного насоса // Пути реализации Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Курганской области (19-20 апреля 2018 г.). Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2018. С. 1105-1109.
- 6 Фоминых А.В., Тельминов А.В., Ковшова Н.А. Зависимость коэффициента потерь на трение по длине трубы в гидравлических системах АПК // Вестник Курганской ГСХА. 2018. № 3 (27). С.79-82.
- 7 Трубопроводная арматура с автоматическим управлением: справочник / Д.Ф. Гуревич [и др.]. Под общ. ред. С. И. Косых. Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1982. 320 с.
- 8 Тельминов А.В. Применение двухскоростного неполноповоротного привода для управления шаровыми кранами // Инженерное обеспечение в реализации социально-экономических и экологических программ АПК: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции (26 марта 2020 года) / Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2020. С 78-82.
- 9 Плеханов Ф.И. Вычужанина Е.Ф. Влияние погрешностей изготовления планетарной передачи и деформированности ее элементов на распределение нагрузок в зонах их сопряжения // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2017. № 6. С. 11-17.
- 10 Тельминов А.В. Влияние упругих деформаций зубьев шестерен планетарного механизма на зазор между зубьями // Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи: сборник статей по материалам XII Всероссийской (национальной) научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 125-летию Т.С. Мальцева (6 ноября 2020 года). Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2020. С. 70-75.
- 11 Бельков В.Н., Захарова Н.В. Основы конструирования деталей и сборочных единиц машин: учебное пособие. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2007. 256 с.
- 12 Ваньшин А.И., Печников А.Ф. Детали машин. Расчет механических передач: пособие. СПб.: СПбГУНиПТ, 2003. 140 с.
- 13 Расчёт и проектирование механических передач с использованием систем автоматизированного проектирования: учебное пособие / В.Е. Костин [и др.]. Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2011. 182 с.
- 14 Основы расчета механических передач: учебное пособие / Е.А. Тихонов [и др.]. Ухта: УГТУ, 2013. 216 с.
- 15 Леонтьев Б.С. Руководство по расчету привода: учебное пособие: в 2 книгах. Книга 1. Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФБГОУ ВПО «КНИТУ», 2014. 84 с.
- 16 Расчет и проектирование механических приводов: учеб. пособие. 4-е изд., перераб.

и доп. / В.Т. Батиенков. Новочеркасск: ЮРГПУ, 2015. 77 с.

17 Водейко В.Ф., Костюк И.В. Расчет привода: методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Детали машин и основы конструирования». В 3 ч. Ч. 1. Редукторы соосные двухступенчатые. М.: МАДИ, 2014. 52 с.

List of references

1 Typical design of process lines for the preparation of non-traditional components of feedstuffs / S.V. Braginets [et al.] // Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2018. № 1 (25). Pp. 68-71.

2 Tsarevsky Y.A., Tsyplenkov D.S., Shiryayev V.N., Tarasyants S.A. Hydraulic calculation of the installation for the removal of sludge deposits of the primary sediments of sewage treatment plants // Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2019. № 4 (32). Pp. 77-80.

3 Maximov N.M., Morozov V.V. Results of a multifactorial study of steam generation in a steam generator during overflowing on apiaries // Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2019. № 1 (29). Pp. 77-80.

4 Fominykh A.V., Poshivalov E.A., Sukhov S.A. Control of water intake flow in the system of the first water rise // Bulletin of the Chelyabinsk State Agricultural Engineering Academy. 2014. Vol. 70. Pp. 136-140.

5 Fominykh A.V., Fomina S.V., Strekalovsky N.S. Installation for determining the characteristics of a water jet pump // Ways of implementing the Federal Scientific and Technical Program for the Development of Agriculture for 2017-2025: materials of an international scientific and practical conference dedicated to the 75th anniversary of the Kurgan region (April 19-20, 2018). Kurgan: Publishing House of the Kurgan State Agricultural Academy, 2018. Pp. 1105-1109.

6 Fominykh A.V., Telminov A.V., Kovshova N.A. Dependence of the coefficient of friction loss over the length of the pipe in hydraulic systems of the agro-industrial complex // Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2018. № 3 (27). Pp. 79-82.

7 Pipeline valves with automatic control: reference book / F. Gurevich [et al.]. Under the general ed. S.I. Kosykh. Leningrad: Engineering, Leningrad Department, 1982. 320 p.

8 Telminov A.V. Application of a two-speed incomplete-turn drive for the control of ball cranes

// Engineering in the implementation of socio-economic and environmental programs of the agro-industrial complex: materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference (March 26, 2020). Kurgan: Publishing House of the Kurgan State Agricultural Academy, 2020. Pp. 78-82.

9 Plekhanov F.I. Vychuzhanina E.F. Influence of errors of planetary transmission manufacturing and deformation of its elements on load distribution in their conjugation zones // BMSTU Journal of Mechanical Engineering. 2017. № 6. Pp. 11-17.

10 Telminov A.V. The influence of elastic deformations of the teeth of the gears of the planetary mechanism on the gap between the teeth // Development of the scientific, creative and innovative activity of youth: a collection of articles on the materials of the XII All-Russian (national) scientific and practical conference of young scientists dedicated to the 125th anniversary of T.S. Maltsev (November 6, 2020). Kurgan: Publishing House of the Kurgan State Agricultural Academy, 2020. Pp. 70-75.

11 Belkov V.N., Zakharova N.V. Fundamentals of designing parts and assembly units of machines: a tutorial. Omsk: Publishing House of Omsk State Technical University, 2007. 256 p.

12 Vanshin A.I., Pechnikov A.F. Machine details. Calculation of mechanical gears: manual. St. Petersburg: SPbGUNIPT, 2003. 140 p.

13 Calculation and design of mechanical gears using computer-aided design systems: tutorial / V.E. Kostin [et al.]. Volgograd: IUNL Volga State Technical University, 2011. 182 p.

14 Basis of mechanical gear calculation: tutorial / E.A. Tikhonov [et al.]. Ukhta: UGTU, 2013. 216 p.

15 Leontiev B.S. Guide to calculating the drive: tutorial: in 2 books. Book 1. Nizhnekamsk: Nizhnekamsk Chemical and Technological Institute (branch) of FBGOU VPO "KNITU," 2014. 84 p.

16 Calculation and design of mechanical drives: tutorial. 4th ed., Redesign. and additional / V.T. Batiенков. Novocherkassk: YURGPU, 2015. 77 p.

17 Vodeiko V.F., Kostyuk I.V. Drive calculation: methodological guidelines for the course project in the discipline «Machine Details and Design Basics». At 3 h. 1. Coaxial two-stage reducers. M.: MADI, 2014. 52 p.