

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ УПРУГОЙ СТОЙКИ ЧИЗЕЛЬНОГО ОРУДИЯ

Нургалиев Л.М., Умбеталиев Н.А.

В статье приведены результаты экспериментальных исследований работы упругой и жесткой стоек чизельного орудия. В процессе исследований изучалось явление особенностей разрушения почвы движущимся рабочим органом на возникновение колебаний упругой стойки в сравнение с жесткой. Также рассматривались и оценивались различные способы замера регистрируемых величин (тяговое сопротивление, частота колебаний) с целью определения наиболее объективного варианта. Для измерений энергетических показателей использовались тензометрические звенья и тензорезисторы, находящиеся непосредственно на упругих стойках, для оценки вибрационных показателей – инерционный экселерометр. Производилась тарировка тензозвеньев и тензорезисторов, наклеенных на упругую стойку, проведение испытаний с регистрацией энергетических и вибрационных показателей упругой стойки чизельного орудия с различными рабочими органами в сравнении с жесткой стойкой. Результаты опытов фиксировались на осциллографическую ленту. Визуальным осмотром выделялись участки стабильной записи процесса работы. Ввиду ограниченной длины прохода обработки записей проводились методом средней линии, для определения величины тягового сопротивления и методомгибающих, при определении частоты изменения процесса.

Ключевые слова: чизельное орудие, упругая стойка, тензометрические звенья.

Введение

Исследование процессов чизельной обработки почвы вызвано поисками путей повышения производительности труда; снижения расхода топлива; устранения нежелательных последствий уплотнения почвы тяжелыми современными тракторами, сельскохозяйственными машинами, транспортной техники; улучшения агрофизических свойств почвы; сохранения и накопления в ней плодородия и в конечном итоге повышения урожайности сельскохозяйственных культур [1].

Проблема создания и совершенствования чизельных орудий для глубокой обработки почвы, изучение эффективности технологии их применения в процессе возделывания сельскохозяйственных культур составляет одну из основных задач современных исследований в аграрном секторе производства.

В Республике Казахстан, как и в большинстве стран мира, при обработке почвы возникают явления, отрицательно сказывающиеся на плодородие почв [2]:

– из-за частого прохода тяжелых тракторов и сельскохозяйственных машин происходит интенсивное разрушение структуры и чрезмерное уплотнение почвы [3, 4];

– длительное применение традиционной отвальной вспашки снижает урожай сельскохозяйственных культур;

– в неблагоприятных почвенно-климатических условиях развивается ветровая и водная эрозия почв;

– основная обработка почвы, выполняемая обычными отвальными плугами, весьма энергоемкая, малопродуктивная операция, требует

огромных затрат труда, средств, времени и связана со значительными расходами топлива [5, 6].

Для снижения этих явлений на почву, необходимо улучшать процессы обработки почвы, совершенствовать почвообрабатывающие орудия, активней внедрять прогрессивные почвозащитные и энергосберегающие технологии [7–13].

Решая в комплексе вопросы совершенствования технологий, считаем необходимым уделять внимание проблеме снижения уплотнения почв.

Работа была выполнена на кафедре «Машиноиспользование» Казахского Национального аграрного университета совместно с научно-исследовательским институтом механизации города Гёдёллэ (Республика Венгрия).

Целью проведения исследований являлось получение данных о работе упругой стойки чизельного орудия, а также определение наиболее рациональных методов измерения регистрируемых величин.

В процессе исследований изучалось явление особенностей разрушения почвы движущимся рабочим органом на возникновение колебаний упругой стойки в сравнение с жесткой стойкой. В целях чистоты опыта исследования проводились в почвенном канале, что позволяло обеспечить однородный агрегатный состав почвы и исключить влияние случайных факторов. Также рассматривались и оценивались различные способы замера регистрируемых величин (тяговое сопротивление, частота колебаний) с целью определения наиболее объективных вариантов.

Объекты и методы исследований

Объекты исследования:

- упругая стойка «Бедерстад»;

- жесткая стойка;
- набор рабочих органов: рыхлительная лапа, стрелчатая лапа, отвально-рыхлительная лапа.

Для измерений энергетических показателей использовались тензометрические звенья и тензорезисторы, находящиеся непосредственно на упругих стойках, для вибрационных показателей – инерционный акселерометр.

Программа работ включала следующие вопросы.

1. Подготовка тензозвеньев и упругой стойки к испытаниям.
2. Подготовка лабораторной установки и почвы.
3. Тарировка тензозвеньев и тензорезисторов, наклеенных на упругую стойку.
4. Проведение испытаний с регистрацией энергетических и вибрационных показателей упругой стойки с различными рабочими органами в сравнении с жесткой стойкой.
5. Обработка результатов испытаний.

Методика проведения работ

Подготовка проведения испытаний включала в себя подготовку самой исследуемой стойки, подготовку тензооборудования, монтаж и проверку электрических схем. Наклейка тензорезисторов проводится в трех точках упругой стойки.

Применялись проволоочные тензорезисторы марки ПКБ-15–200 с базой 20 мм. Места наклейки были зачищены и обезжирены ацетоном и спиртом.

Для наклейки использовался клей «Циокрин» или БФ-2. Наклейка проводилась точно по разметке с одновременной наклейкой монтажной колодки.

После просушки (2–3 дня) проводилась распайка выводов тензорезисторов и монтажных проводов с последующей изоляцией от влаги и механических повреждений эпоксидной смолой и оберточной лентой.

Наклейка резисторов на тензозвенья проводилась аналогично описанной методике. Для наклейки использовались резисторы с базой 5 или 10 мм.

Для усиления и регистрации измеряемых сигналов использовался тензоусилитель «Топаз-3», осциллограф Н-700.

Схема тензометрирования: тензорезисторы–усилитель «Топаз-3»–осциллограф Н-700.

Для регистрации ускорений использовался типовой акселерометр с выходом на тензоусилитель.

Подготовка лабораторной установки включала в себя установку на требуемую глубину опорных колес, а также проверку и подтяжку крепежных узлов чизельного оборудования.

Подготовка почвы состояла из нескольких операций, чередующихся между собой: выравнивание планировочной доской, интенсивное рыхление культиваторными лапами (5–6 проходов), увлажнение дождеванием. Конечной целью подготовки

почвы являлось достижение равномерного агрегатного состава по всей длине рабочего прохода.

Тарировка тензозвеньев и тензорезисторов, наклеенных на стойку проводилась на нагрузочном стенде с записью результатов нагружения на осциллографическую ленту. Тензозвенья тарировались в горизонтальном и вертикальном положениях по следующей методике:

- после установки тензозвена на стенде производилось нагружение усилием равным 5 кН (усилие фиксировалось динамометром), а затем звено разгружалось до нулевого положения;
- выполнялась затяжка крепежных болтов;
- осуществлялось контрольное тарирование, при этом нагрузка задавалась от 0 до 3,5 кН – в продольном направлении и от 0 до 2 кН – в вертикальном через 0,25 кН. При достижении максимальной нагрузки звенья разгружались в обратной последовательности. Для каждого значения нагрузки фиксировалось напряжение питательной цепи.

Повторность трехкратная. Тарировка тензорезисторов, наклеенных на стойку проводилась в продольном направлении по аналогичной методике.

Проведение экспериментов в почвенном канале проводилось следующим образом. Упругая стойка и жесткая стойка устанавливались на макетной установке на расстоянии друг от друга 1 м, это исключало взаимовлияние. При работе перед контрольным проходом проводился пробный проход, с целью выставления упругой стойки и жесткой стойки на одинаковую глубину обработки.

Методика обработки экспериментальных данных. Результаты опытов фиксировались на осциллографическую ленту. Визуальным просмотром выделялись участки стабильной записи процесса работы. Ввиду ограниченной длины прохода обработки записей проводились методом средней линии – для определения величины тягового сопротивления и методом сгибающих – при определении частоты изменения процесса.

Длина рабочего прохода равнялась 22 м. Выделялось три участка с влажностью почвы: $W = 5–13\%$, $W = 13–15\%$ и $W = 15–17\%$.

После прохода фиксировалась глубина обработки упругой стойки и жесткой стойки. Замеры проводились через 1–1,5 м.

Результаты и их обсуждение

Полученные в результате исследований данные, приведены в таблице 1. Для упругой стойки величина вертикальной составляющей тягового сопротивления R_z не указывалась, так как она имела очень малое значение, также не указывалась величина частоты изменения f_z для жесткой стойки.

Анализ представленных результатов позволяет сделать следующие выводы:

Частота изменения горизонтальной составляющей сопротивления почвы имеет одно и то же

Таблица 1 – Энергетические и вибрационные показатели работы упругой и жесткой стойки с различными рабочими органами

Условия работы	Показатели работы							
	упругая стойка				жесткая стойка			
	$R_{кр}$, кН	f_k , Гц	f_z , Гц	A , 9,8 м/с ²	f_s , Гц	$R_{кр}$, кН	f_k , Гц	$R_{зр}$, кН
Рыхлительная лапа								
W=5-13% V=2,8 м/с	1,1	3	12	1...5	-	0,85	3	0,2
W=16-17% V=2,8 м/с	3,5	3	12,5	1...4	12,5	2,8	-	0,3
Отвально-рыхлительная лапа								
W=5-13% V=2,7 м/с	1,86	3	12	2...3	-	1,54	2,9	0,3
W=13-15% V=2,7 м/с	3,95	2,9	11	1...2	-	3,65	2,9	0,35
W=16-17% V=2,7 м/с	3,8	2,9	10	1...3	10	3,9	2,5	0,5
Стрельчатая лапа								
W=5-13% V=2,7 м/с	1,25	-	11	1...6	-	0,85	-	-
W=15-17% V=2,7 м/с	4,95	-	9,5	2...5	9,5	5	-	-

Таблица 2 – Данные статических и динамических испытаний упругих стоек с тензозвеном и без тензозвена

P, кН	Показатели статического нагружения									
	Упругая стойка с тензозвеном					Упругая стойка без тензозвена				
	S_k , мм	S_z , мм	C_{11} , кН/м	C_{12} , кН/м	f_0 , Гц	S_k , мм	S_z , мм	C_{11} , кН/м	C_{12} , кН/м	f_0 , Гц
0,5	33	20	15,1	25,4	7	32	11	15,6	45,5	10
1	65	42	15,6	22,7		62	25	18,5	35,7	
1,5	93	60	17,8	27,7		85	38	22,7	38,5	
2	115	76	22,7	31,3		110	52	20	35,7	
2,5	135	88	26,3	41,6		130	64	25	41	

Таблица 3 – Энергетические показатели работы упругой стойки с тензозвеном и без тензозвена при W=5-13% и V=2,8 м/с

Сумма измерения	Показатели работы							
	упругая стойка с тензозвеном				упругая стойка без тензозвена			
	R_1 , кН	R_2 , кН	R_3 , кН	R_x , кН	R_1 , кН	R_2 , кН	R_3 , кН	R_x , кН
Сумма	1,28	0,96	1,65	1,13	1,3	0,92	0,95	0,95
t_1	3,37	3,22	3,45	2,99	2,33	1,91	1,48	1,48
t_2	1,93	1,77	1,67	1,85	1,85	1,47	1,39	1,39
t_3	1,37	1,3	1,57	1,28	0,89	0,48	0,63	0,63
t_4	-	-	-	-	0,3	-0,17	-0,08	-0,08

значение для упругой стойки и жесткой стойки и равно $f_k = 2,5-3$ Гц.

Цикличность изменения горизонтальной составляющей у упругой стойки проявляется в большей степени, чем у жесткой стойки.

Частота изменения вертикальной составляющей R_z у упругой стойки имеет значения $f_z = 9,5-12,5$ Гц.

На тяжелых режимах работы (тяговое сопротивление высокое) наблюдалась прямая связь между пиками огибающей записи колебаний акселерометра и пиками колебаний R_z . При малых значениях явно такая связь не обнаружилась.

Колебания R_z у упругой стойки принимали положительные и отрицательные значения с одинаковой амплитудой (у отвально-рыхлительной лапы амплитуда изменения $R_z = 75$ кг). Для стрельчатой лапы среднее значение R_z , относительно которой совершались колебания, равнялось 50-80 кг.

Второй этап исследований включал в себя

получение энергетических характеристик (горизонтальную составляющую сопротивления почвы) различными методами и определение влияния тензозвеном на показатели работы упругой стойки. Сравнивались два варианта установки упругой стойки с отвально-рыхлительной лапой – с тензозвеном и без него.

Во время сравнительных испытаний снимались следующие характеристики:

- статическая, продольная характеристика;
- динамическая (замерялась частота собственных колебаний);
- энергетические показатели работы.

Данные по статическому продольному нагружению приведены в таблице 2. Значения коэффициентов C_{11} и C_{12} определялись по формуле:

$$C_{ij} = \frac{S_j}{P_i}$$

Анализ осциллограмм с записями свободных

колебаний показывает, что тензозвено накладывает свои собственные колебания (120 Гц) на колебания упругой стойки, что несколько искажает общую картину в начале переходного процесса (около 20 колебаний).

Данные по тензометрированию упругой стойки «Ведестад» по длине упругой линии приведены в таблице 3.

Замеры значений нагрузки проводились в один момент времени в различных точках записи.

Анализ осциллографических записей и полученных данных показывают, что:

1. Произвольное размещение тензорезисторов на упругие стойки для

определения сопротивления почвы может привести к значительным погрешностям так как сигналы тензорезисторов при статическом нагружении не соответствуют сигналу этого же тензорезистора при динамическом нагружении.

2. При динамометрировании упругой стойки в почвенном канале сигналы тензорезисторов отличались друг от друга:

- в случае упругой стойки с тензозвеном - R_4 от R_1 на 15%, R_1 от R_3 на 100% (особенно различие заметно в момент резкого возрастания нагрузки)

- в случае упругой стойки без тензозвена - R_1 от R_4 на 25%

3. Тензорезисторы фиксировали весь спектр колебаний, тогда как известно

на сигнале R_x имело низкочастотные колебания, а на R_z – высокочастотные.

Список литературы

- [1] Труфанов, В.В. Глубокое чизелевание почвы. Всесоюз. акад. с.-х. наук имени В.И. Ленина. М.: Агропромиздат, 1989.– 140 с.
- [2] Умбеталиев, Н. А. Параметры рабочих органов чизельного культиватора. От зональной почвозащитной системы земледелия к адаптивно-ландшафтной. Сб. науч. тр. Международной научно-практической конференции к 100-летию А.И. Бараева. Алматы, изд. «Сору Land», 2008.–С. 167–169.
- [3] Кузнецов, С.В. Об отрицательном эффекте уплотнения почвы тракторами и сельскохозяйственными машинами. /С.В. Кузнецов //Тр. ВИМ., Т. 66, 1974.–С. 51–61.
- [4] Глубокое рыхление и щелевание эродированных, уплотненных и временно переувлажненных почв: рекомендации (сост. Р.Л. Турецкий, Ф.П. Цыганов и др.).–Минск: ЦНИИМЭСХ, 1988.–125 с.
- [5] Казаков, В.П. Глубокое рыхление тяжелых почв/ В кн.: Осушение тяжелых почв.–М.: Колос. 1981.– 238 с.
- [6] Soil cultivation with the application of chisel tools. Materialy 9 Miedzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Strategiczne pytania swiatowej nauki-2013», 07–15 lutego 2013 roku, volume 27 rolnictwo weterynaria, przemysl nauka i studia, 2013.–С. 9–10.
- [7] Фролов, Д.И. Нелинейное оценивание динамических нагрузок модели ботвоудаляющего рабочего органа / Д.И. Фролов, А.А. Курочкин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе.- 2016.- № 2 (18).- С. 299-305.
- [8] Курочкин, А.А. Моделирование пневмосистемы устройств для массажа вымени нетелей однокамерного типа / Курочкин А.А., Фролов Д.И. // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии.- 2016.- Т.1.- № 4.- С. 36-43.
- [9] Фролов, Д.И. Моделирование работы ботвоудаляющей машины с анализом потоков воздуха внутри ее кожуха / Д.И. Фролов, А.А. Курочкин, О.Н. Кухарев, Н.П. Ларюшин // Нива Поволжья.– 2016.– №3 (40).– С. 105–111.
- [10] Фролов Д.И. Анализ процесса движения воздуха внутри кожуха ботвоудаляющего рабочего органа с обоснованием оптимального угла наклона ножей / Д.И. Фролов, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.Е.

Выводы

1. Исследования в почвенном канале показали, что характер изменения горизонтальной составляющей тягового сопротивления одинаков для упругой и жесткой стойки.

2. При движении рабочего органа по упругой стойке в почве на его низкочастотные колебания, соответствующей величине частоты колебаний тягового сопротивления накладываются высокочастотные колебания, соответствующие собственной частоте упругой стойки.

3. При работе в почве с повышенной влажностью орган на упругой стойке движется неустойчиво по глубине.

4. Для оценки тягового сопротивления рабочего органа на упругую стойку тензометрическими методами необходимо учитывать динамические эффекты возникающих при колебании стойки.

Широкое распространение чизельных культиваторов связано с высокой эффективностью минимальной обработки почвы, обеспечивающей защиту почвы от эрозии, уменьшение ее уплотнения и распыления, снижение энергетических, трудовых и денежных затрат.

Чизельные культиваторы оснащаются широкой номенклатурой рабочих органов, включая различные типы наральных и стрельчатых лап. Ширина наральных колеблется от 35 до 100 мм, а ширина захвата стрельчатых лап не превышает 220-270 мм.

Рабочие органы чизельных культиваторов преимущественно устанавливаются на упругих или подпружиненных стойках.

- Каширин// Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева.– 2015.– № 4 (28).– С. 69–74.
- [11] Пат. 2339208 Российская Федерация, МПК А 01 D 23/02. Ботвоудаляющая машина / Н.П. Ларюшин, С.А. Суцёв, Д.И. Фролов, А.М. Ларюшин.– №2007109990/12; заявл. 19.03.2007; опубл. 27.11.2008, Бюл. №33.– 8 с.: ил.
- [12] Фролов, Д.И. Анализ работы ботвоудаляющего рабочего органа с оптимизацией воздушного потока внутри кожуха / Д. И. Фролов // Инновационная техника и технология.– 2014.– № 4(01).– С. 30–35.
- [13] Фролов, Д. И. Применение модернизированной ботвоудаляющей машины для скашивания люцерны/, Д. И. Фролов // Инновационная техника и технология. –2015. – № 1(02). С. 45–49.

STUDY OF THE ELASTIC STRUT CHISEL GUNS

Nurgaliyev L.M., Umbetaliyev N.A.

The article presents the results of experimental studies of elastic and rigid work stands Chi-grain tools. The research studied the phenomenon of the degradation features of soil moving working body on occurrence of oscillations of elastic stands in comparison with hard. Also considered and evaluated various ways of metering registered values (traction resistance, frequency) to determine the most objective option. For measuring the energy parameters of the used strain units and strain gages located directly on the elastic racks for the evaluation of vibration parameters – inertial accelerometer. Produced calibration tansonville and strain gages glued onto elastic stand, testing with registration of energy and vibration indicators of elastic struts chisel guns with various working bodies in comparison with a hard frame. The results of the experiments were recorded on oscillographic tape. Visual inspection of the allocated sites stable recording process. Because of the limited length of passage entry processing was carried out using the middle line to determine the value of traction resistance and method of flexing, in the determination of the rate of change of the process.

Keywords: *chisel tool, elastic front, strain links.*

References

- [1] Trufanov, V.V. Deep chizelevanie soil. Proceedings of all-Union. Acad. of agricultural Sciences imeni V.I. Lenin. M.: Agro-promizdat, 1989.– 140 p.
- [2] Umbetaliyev, N.. Parameters of working bodies of chisel cultivator. The zonal soil-protective system of agriculture to the adaptive landscape. SB. scientific. Tr. International scientific-practical conference on the 100th anniversary of A. I. Barayev. Almaty, ed. «Copy Land», 2008.– Pp. 167–169.
- [3] Kuznetsov, S. V. About the negative effect of soil compaction by tractors and agricultural machines / S. V. Kuznetsov // Proc. VIM., T. 66, 1974.– Pp. 51–61.
- [4] Deep tillage and meleanie erodynamic, compacted and temporarily waterlogged soils: recommendations (ed. Turkish R. L., F. P. Tsyganov, etc.).– Minsk: TSNIIMASH, 1988.– 125 p.
- [5] Kazakov, V.P. Deep loosening of heavy soils /In kN.: Drainage of heavy soils.– M.: Kolos. 1981.– 238 p.
- [6] Soil with the application of chisel tools. Materials 9 International scientific-practical conference «Strategic questions of world science-2013», 07–15 February 2013, volume 27 agriculture, veterinary medicine, industry, science and education, 2013.– Pp. 9–10.
- [7] Frolov, D. I. Nonlinear estimation of dynamic load model botopasie working on / D. I. Frolov, A. A. Kurochkin // Models, systems, networks in Economics, technic, nature and society.- 2016.- № 2 (18).- Pp. 299-305.
- [8] Kurochkin, A. A. Modeling of pneumatic devices for massage of the udder of heifers of single-chamber type / Kurochkin A. A., Frolov, D. I. // Proceedings of the Samara state agricultural Academy.- 2016.- Vol. 1. - No. 4.- P. 36-43.
- [9] Frolov, D. I. Modeling of work batouala machine analysis of air flows inside the casing / D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, O. N. Kukharev, N. P. Laryushin // Niva Volga.– 2016.– №3 (40).– P. 105-111.
- [10] Frolov D. I. Analysis of the process of air movement inside the housing botopasie working on a study of optimum tilt angle of the knives /D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, G. V. shaburova, D. E. Kashirin// Bulletin of Rязan state agrotechnological University named after P. A. Kostychev.– 2015.– № 4 (28).– Pp. 69-74.
- [11] Pat. 2339208 Russian Federation, IPC A 01 D 23/02. Batouala machine / N. P. Laryushin, A. S. Sushchev, D. I. Frolov, A. M. Laryushin.– No. 2007109990/12; Appl. 19.03.2007; publ. 27.11.2008, Byull. No. 33.– 8 p.
- [12] Frolov, D. I. Analysis of work botopasie working on optimizing the air flow inside the casing / D. I. Frolov // Innovative mashinery and technology.– 2014.– № 4(01).– Pp. 30-35.
- [13] Frolov, D. I. Batouala using modernized machines for cutting alfalfa /D. I. Frolov // Innovative mashinery and technology. -2015. – № 1(02). Pp. 45-49.