

Department of Biotechnology and Processing of Agricultural Products, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, 29 K. Marks str.; e-mail: shipnavars@mail.ru, тел.: 8-927-995-07-11;

2. *Terentyeva Maya Genrikhovna*, Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer of the Department of Biotechnology and Processing of Agricultural Products, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, 29 K. Marks str.; e-mail: maiya-7777@mail.ru, тел.: 8-927-865-90-31.

УДК 629.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МЕХАНИЗМА ПОДВЕСКИ С ПРУЖИНОЙ РАСТЯЖЕНИЯ

В.В. Белов, С.В. Белов, И.В. Захаров, Д.Ю. Данилов, Ф.В. Капитонов

*Чувашская государственная сельскохозяйственная академия
428003, Чебоксары, Российская Федерация*

Аннотация. В статье даны результаты исследования физической модели механизма подвески с пружиной растяжения. Дан краткий анализ особенностей выбора параметров пружинного механизма при конструировании. Приведены сведения о необходимости уточнения параметров оптимизации механизма подвески. Эксперименты проведены при изменении одного параметра, а именно, угла между рычагами подвеса. В ходе эксперимента исследовалось усилие в точке подвеса предполагаемого рабочего органа. В табличной и графической форме представлены результаты экспериментальных исследований. Их результаты показали, что изменение усилия зависит от угла между рычагами подвеса. На основе полученных данных авторы определили приведенную жесткость как отношение изменения приращения усилия на динамометре к приращению перемещения точки подвеса рабочего органа. Исследования разных вариантов механизма подвески показали, что имеется возможность изменения стабильности выходного усилия на исполнительные устройства за счет изменения угла между рычагами подвеса рабочего органа. Полученные данные изменения приведенного усилия пружины в точку подвеса при углах 76°; 87°; 60° доказывают переменчивость упругой характеристики механизма подвески. Результаты проведенных исследований показывают несостоятельность, ошибочность методики оптимизации пружинных механизмов, которая принимает за основной параметр оптимизации только жесткость пружины. Они опровергают существующее мнение исследователей о жесткости пружины. Интенсивность изменения приведенного усилия пружины в точке подвеса зависит от угла между двуплечим рычагом. В то же время следует отметить, что характер изменения упругой характеристики механизма подвески в зависимости от величины угла между двуплечим рычагом может быть как возрастающим, так и убывающим.

Ключевые слова: механизм, подвеска, пружина, упругие характеристики, исследование, оптимизация, параметры.

Введение. Пружинные механизмы – очень древнее изобретение человеческого ума. Многие машины, как сельскохозяйственные, так и транспортные, имеют в качестве подвески разных рабочих органов механизмы с пружинами. Мы предполагаем, что использование деревянных пружин было одним из самых ранних. Например, использование усилия изгиба деревянных жердей и т.д. На современном этапе развития техники используются в основном стальные пружины.

Анализ известных механизмов подвески показывает, что в настоящее время в литературных источниках отсутствуют четкие указания по выбору параметров оптимизации механизма подвески (далее МП) [9].

Например, И. А. Беляев рекомендует принимать среднее значение угла между осями рычагов двуплечего рычага $\gamma=60$ град., а соотношение длины рычага присоединения пружины принять в пределах 0,08-0,10 по отношению к длине нижних подъёмных рамок [11]. Указанные соотношения, как показали наши исследования [7, 8], не приводят к соответствию механизма требуемым характеристикам.

Спроектированные таким образом МП режущих аппаратов и других машин показывает, например, что копир-элемент валковых жаток оказывает усилие на поверхность почвы в пределах 25-35 кгс (кгс/башмак), а аналогичные по массе уравновешенной части жатки для скашивания трав на кормоуборочных машинах КПС-5Г – до 150 кгс. Копирующие полозки у КППН-3,0 производят нажатие на поверхность почвы – 65-70 кгс и более, хотя масса уравновешенной части на порядок меньше.

Анализ упругих характеристик МП для КС-2,1 (нажатие на поверхность почвы внутреннего башмака 25-35 кгс) в сравнении с МП валковых жаток невольно вызывает вопрос, почему при разных уравновешенных массах, отличающихся друг от друга на два порядка, настраиваемые нагрузки копирующих устройств являются одинаковыми.

Аналогично можно сравнить МП для КРН-2,1, который создает нагрузку на копирующее устройство для внутреннего башмака 65-70 кгс и более, хотя и имеет массу рабочего органа, навешенного на МП, на порядок ниже, чем масса валковых жаток или жатки для скашивания трав на КСК –100 МА (МП создает нагрузку от 30 до 50 кгс).

В соответствии с предложенной профессором В. Беловым теорией анализа и синтеза пружинных механизмов рекомендуется учитывать все параметры МП. Также в его монографии [6] отмечается, что параметром оптимизации не всегда может быть жёсткость пружины [2, 3, 1].

Как отмечается в теоретических положениях анализа и синтеза пружинных механизмов, разработанных В. В. Беловым [6], колебательный процесс, в частности, вызывается восстанавливающей силой, которой чаще всего становится сила упругости пружин. Как показали исследования, сила упругости пружины не всегда является восстанавливающей силой, а только при определенных соотношениях звеньев [4, 5].

Очевидно, что в МП возможны разные требования к упругой характеристике. Например, требуется обеспечение резкого спада или увеличения нагрузки на выходное звено. В связи с изложенными обстоятельствами было решено провести экспериментальные исследования пружинного МП с цилиндрической пружиной с целью уточнения параметров оптимизации исследуемого механизма.

Материалы и методы. Основным механизмом исследования являлась физическая модель МП (рисунок 1), который состоит из основания, шарнирно установленного двуплечего рычага, пружины растяжения, присоединенной к рычагам посредством гибкой тяги. Замер проводили динамометром, прикрепленным на конец рычага подвеса (например, рабочего органа).



Рисунок 1. Физическая модель МП с пружиной растяжения

Во время экспериментов применялась цилиндрическая пружина. В ходе экспериментальных исследований нами не учитывались: C – жесткость пружины и её длина, так как эти параметры оставались постоянными для принятой программы исследования.

Изменению подвергались ΔP – приращение нагрузки (усилия) пружины, ΔH – приращение длины пружины, а также γ – угол между рычагами подвеса.

Эксперимент проводили при значениях угла $\gamma = 76^\circ$; $\gamma = 87^\circ$; $\gamma = 60^\circ$. В ходе эксперимента фиксировали положения точки приложения усилия на рычаг и усилие на динамометре. Полученные таким образом данные приведены в таблице 1. Они обрабатывались статистическими методами.

За исходное (начальное) положение нами было принято горизонтальное положение рычага подвеса рабочего органа (динамометра). Диапазон перемещения по высоте точки подвеса составлял от 30 до 8 см с шагом 2 см. Замеры проводили плавным опусканием точки приложения усилия вниз и вверх, при этом в соответствующих положениях фиксировали нагрузку при движении вниз и вверх. Все опыты проводили в 3-х кратной повторности.

В ходе эксперимента полученные результаты вносили в таблицы. При движении точки подвеса вниз или вверх двуплечего рычага с приложенным усилием результаты замера заносились в соответствующие графы с учетом положения точки по высоте.

Результаты исследований и их обсуждение. Полученные таким образом результаты экспериментальных исследований были занесены в таблицы 1, 2, 3 при значениях угла между рычагами двуплечего рычага: $\gamma = 76^\circ$ (табл. 1); $\gamma = 87^\circ$ (табл. 2); $\gamma = 60^\circ$ (табл. 3).

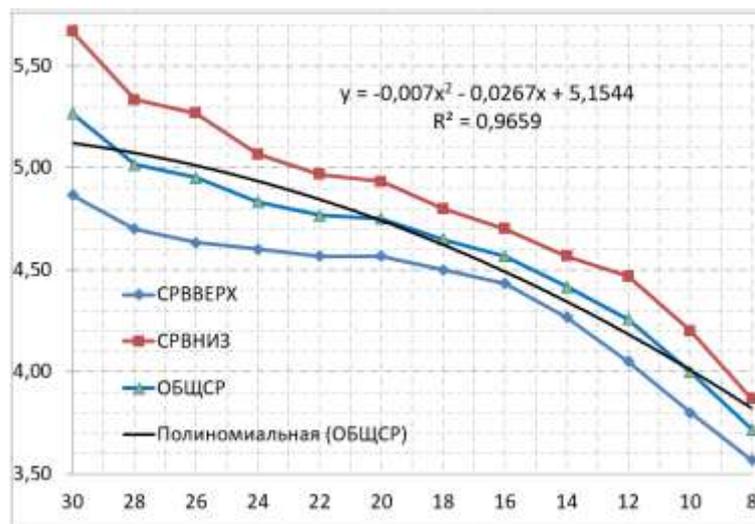
Таблица 1 – Изменение показания динамометра при угле $\gamma = 76^\circ$

высота	1-й опыт		2-й опыт		3-й опыт		Расчетные данные		
	усилие вверх	усилие вниз	усилие вверх	усилие вниз	Усилие вверх	Усилие вниз	среднее ВВЕРХ	Среднее ВНИЗ	Общее среднее
30	4,4	6	5	6,2	5,2	4,8	4,87	5,67	5,27
28	4,5	5,6	4,8	5,8	4,8	4,6	4,70	5,33	5,02
26	4,6	5,4	4,6	5,8	4,7	4,6	4,63	5,27	4,95
24	4,6	5,2	4,6	5,4	4,6	4,6	4,60	5,07	4,83
22	4,6	5	4,5	5,3	4,6	4,6	4,57	4,97	4,77
20	4,6	5	4,5	5,2	4,6	4,6	4,57	4,93	4,75
18	4,5	4,8	4,4	5	4,6	4,6	4,50	4,80	4,65
16	4,4	4,6	4,3	4,9	4,6	4,6	4,43	4,70	4,57
14	4,2	4,4	4,2	4,8	4,4	4,5	4,27	4,57	4,42
12	3,95	4,2	4	4,8	4,2	4,4	4,05	4,47	4,26
10	3,7	3,8	3,8	4,6	3,9	4,2	3,80	4,20	4,00
8	3,6	3,4	3,5	4,2	3,6	4	3,57	3,87	3,72

Анализ полученных данных (табл. 1) показывает динамику усилия на динамометре. Как известно из положений теоретической механики [10], полученные результаты можно интерпретировать как работу копир-элемента МП какого-либо рабочего органа, например, усилие копирующего башмака косилки или другой сельскохозяйственной машины. В 1-м опыте усилие имеет падающий характер в зависимости от положения рычага подвеса.

Более наглядно данные таблицы 1 представлены в виде графической зависимости на рисунке 2. Как показывают результаты исследований, при движении точки подвеса вверх и вниз упругие характеристики смещаются относительно друг друга, то есть присутствует гистерезис при проведении замера. Такая особенность наблюдается во всех 3-х опытах (см. таблицу 1, 2, 3, рисунок 2, 3, 4) при разных значениях угла γ . Принятые обозначения на рисунках: y – уравнение полиномиальной линии тренда; R^2 – достоверность аппроксимации.

Рисунок 2 свидетельствует о том, что усилие на точку подвеса во всем диапазоне перемещения падает, и, следовательно, при движении рабочего органа, навешенного на механизм подвески с такой упругой характеристикой, возможны нарушения технологического процесса. Нарушения возможны вследствие увеличения нагрузки на башмаки, так как усилие пружины, передаваемое на точку подвеса (приведенное усилие), значительно уменьшается внизу (в зоне движения от 20-30 см). Например, при высоте расположения точки подвеса 30 см пружина развивает усилие около 5,27 кгс, если масса рабочего органа – 6 кгс, то на почву копир-элемент будет оказывать усилие $6 - 5,27 = 0,73$ кгс, а при верхнем положении (высоте 8 см) усилие на башмак будет $6 - 3,72 = 2,28$ кгс.

Рис. 2. График изменения показаний динамометра при угле $\gamma = 76^\circ$

В ходе обработки данных среднее значение сначала определяли для усилия при движении вверх и среднее значение усилия при движении точки подвеса вверх. Поэтому нами в дальнейшем определено среднее значение усилия по всем 3 опытам независимо от направления движения точки подвеса.

Изменение показаний динамометра при угле $\gamma = 87^\circ$ на пружину представлено в табл. 2.

Таблица 2 – Изменение показаний динамометра пружины при угле $\gamma = 87^\circ$

высота	усилие вверх	усилие вниз	усилие вверх	усилие вниз	Усилие вверх	Усилие вниз	среднее ВВЕРХ	Среднее ВНИЗ	Общее среднее
30	6,8	5,4	5	5	6,4	6	6,07	5,47	5,77
28	5,4	5,2	4,9	5	6	5,8	5,43	5,33	5,38
26	5,1	5,2	4,8	5	5,8	5,5	5,23	5,23	5,23
24	5	5	4,7	5	5,4	5,3	5,03	5,10	5,07
22	4,8	4,9	4,6	4,8	5	5,2	4,80	4,97	4,88
20	4,6	4,8	4,6	4,6	4,8	5	4,67	4,80	4,73
18	4,5	4,6	4,4	4,6	4,6	4,8	4,50	4,67	4,58
16	4,3	4,4	4,3	4,4	4,4	4,5	4,33	4,43	4,38
14	4	4	4	4,2	4,1	4,2	4,03	4,13	4,08
12	3,8	3,8	3,8	4	3,8	3,8	3,80	3,87	3,83
10	3,4	3,6	3,4	3,8	3,4	3,4	3,40	3,60	3,50
8	3,2	3,2	3,2	3,6	3,1	3,1	3,17	3,30	3,23

Проведенные исследования МП во 2-м опыте при угле $\gamma = 87^\circ$ (см. табл. 2, рис. 3) показывают аналогичные результаты в сравнении с 1-м опытом.

Анализируя рисунок 3, мы можем отметить, что усилие на точку подвеса в рассматриваемом диапазоне по мере ее перемещения уменьшается, следовательно, при движении рабочего органа, навешенного на МП с такой упругой характеристикой подвески, следует ожидать возможных нарушений технологического процесса по вышеуказанным причинам.

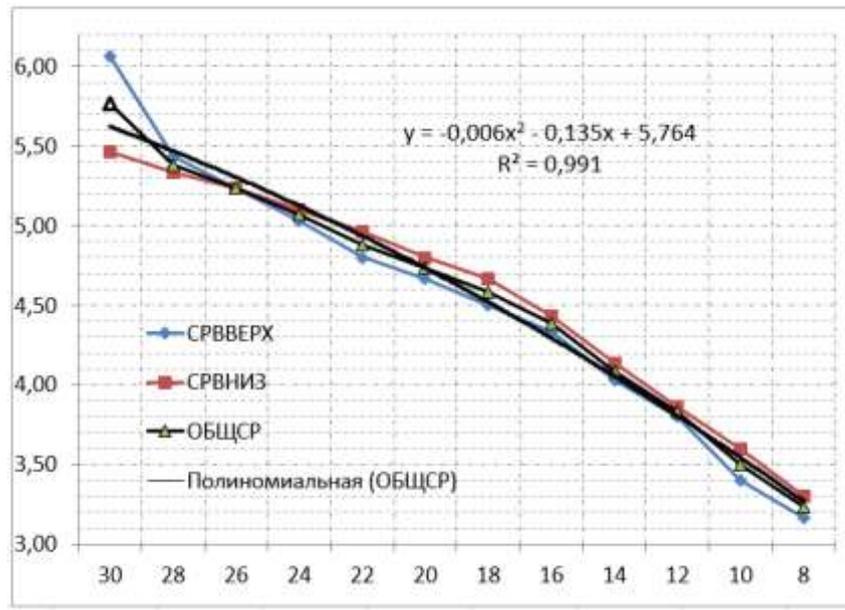


Рис. 3. Изменение показаний динамометра пружины при угле $\gamma = 87^\circ$

Нарушения возможны вследствие увеличения нагрузки на башмаки, так как усилие пружины, передаваемое на точку подвеса (приведенное усилие), значительно уменьшается внизу (в зоне движения от 20-30 см). Например, при высоте расположения точки подвеса 30 см пружина развивает усилие около 5,77 кгс. Если масса рабочего органа 6 кгс, то копир-элемент на почву будет оказывать усилие $6 - 5,77 = 0,23$ кгс, а при верхнем положении (высоте 8 см, табл. 2) усилие на башмак будет составлять $6 - 3,22 = 2,78$ кгс.

Далее нами проведено исследование ещё одного варианта механизма подвески при угле $\gamma = 60^\circ$, результаты исследований которого представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Изменение показания динамометра пружины при угле $\gamma = 60^\circ$

высота	усилие вверх	усилие вниз	усилие вверх	усилие вниз	Усилие вверх	Усилие вниз	среднее ВВЕРХ	Среднее ВНИЗ	Общее среднее
30	1	1,6	1	1,4	1	1,4	1,00	1,47	1,23
28	1,6	2	1,2	2	2,2	2	1,67	2,00	1,83
26	2	2,8	2	2,4	3,2	2,4	2,40	2,53	2,47
24	2,4	3,3	2,2	3	3,4	3,2	2,67	3,17	2,92
22	3	3,6	3	3,8	3,4	3,6	3,13	3,67	3,40
20	3,6	4	3,4	4	3,6	3,8	3,53	3,93	3,73
18	3,8	4,2	3,8	4,2	4	4	3,87	4,13	4,00
16	3,8	4,4	4	4,4	4,2	4,2	4,00	4,33	4,17
14	4	4,7	4,2	4,6	4,4	4,4	4,20	4,57	4,38
12	4,2	4,8	4,6	4,7	4,6	4,5	4,47	4,67	4,57
10	4,6	4,7	4,6	4,7	4,6	4,6	4,60	4,67	4,63
8	4,7	4,8	4,8	4,8	4,7	4,6	4,73	4,73	4,73

Проведенные исследования механизма подвески в 3-м опыте при угле $\gamma = 60^\circ$ (см. табл. 3, рис. 4) показывают совсем иной вид упругой характеристики механизма подвески. По данным, представленным в таблице, видно, что нагрузка на копир-башмак меняется в обратную сторону в сравнении с предыдущими вариантами исследования. Более наглядно этот процесс показан на рис. 4.

Анализ рис. 4 свидетельствует о том, что усилие на точку подвеса в рассматриваемом диапазоне по мере ее перемещения увеличивается, следовательно, при движении рабочего органа, навешенного на механизм подвески с такой упругой характеристикой, возможны нарушения технологического процесса.

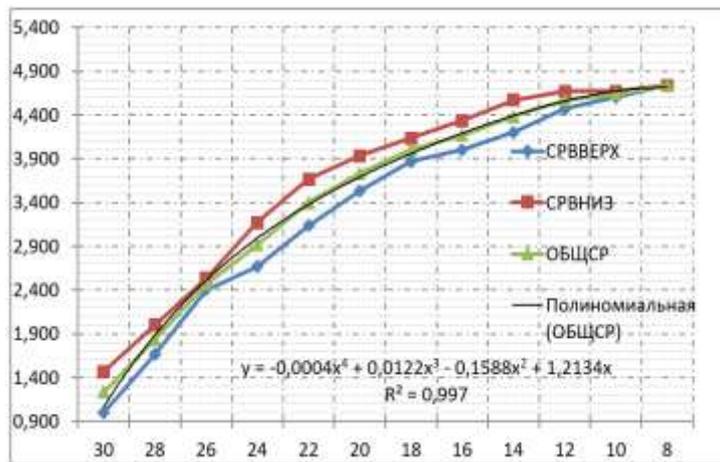


Рис. 4. Изменение показания динамометра пружины при угле $\gamma = 60^\circ$

В рассматриваемом варианте нарушения технологического процесса возможны вследствие увеличения нагрузки на башмаки в верхнем положении, а в предыдущих вариантах – в нижнем положении, так как усилие пружины, передаваемое на точку подвеса МП (приведенное усилие), значительно увеличивается внизу (в зоне движения от 20-30 см). Например, при высоте расположения точки подвеса 30 см пружина развивает усилие около 1,23 кгс, если масса рабочего органа 6 кгс, то копир-элемент будет оказывать на почву усилие $6 - 1,23 = 4,77$ кгс, а при верхнем положении (высоте 8 см, табл. 3) усилие на башмак будет составлять $6 - 4,73 = 1,27$ кгс.

Сравнение 3-х исследованных вариантов механизма подвески показывает, что усилие в крайних точках МП значительно колеблется в зависимости от выбранного угла между рычагами.

Анализ изменения усилий в крайних точках для 1-го опыта – от 0,73 до 2,28 кгс.

Анализ изменения усилий в крайних точках для 2-го опыта – от 0,23 до 2,78 кгс.

Анализ изменения усилий в крайних точках для 3-го опыта – от 4,77 до 1,27 кгс.

Анализ результатов исследований позволяет сделать следующие выводы. Априори такие сведения о возможности изменения упругой характеристики путем изменения одного параметра отсутствуют. Следует отметить неправомерность мнения исследователей о том, что упругая характеристика подвески зависит от жесткости пружины.

Выводы

Исследования разных вариантов механизма подвески показали, что имеется возможность обеспечения стабильности выходного усилия, передающегося на исполнительные устройства за счет изменения угла между рычагами МП рабочего органа.

Как видно из полученных данных, изменение приведенного усилия пружины в точку подвеса при углах: 1. $\gamma = 76^\circ$; 2. $\gamma = 87^\circ$; 3. $\gamma = 60^\circ$ – показывает изменчивость упругой характеристики МП. Полученные результаты свидетельствуют о несостоятельности, ошибочности методики оптимизации пружинных МП, которая принимает за основной параметр оптимизации только жесткость пружины.

Интенсивность изменения приведенного усилия пружины в точку подвеса зависит от угла между двуплечим рычагом МП. В то же время следует отметить, что характер изменения упругой характеристики МП в зависимости от величины угла между двуплечим рычагом может быть как возрастающим, так и убывающим. Полученные результаты исследований опровергают установившееся мнение ученых, что основным параметром оптимизации в пружинном МП является жесткость пружины.

Литература

1. Белов, В. В. Изменение упругой характеристики механизма подвески при изменении приведенной свободной длины пружины / В. В. Белов, О.Г. Огнев, Н. Н. Белова // Известия Международной академии аграрного образования. – 2013. – Вып. 18. – С. 30-31.
2. Белов, В. В. Математическая модель натяжения прессыющих ремней ПР-1,5 / В. В. Белов, Н. Н. Белова // Известия Международной академии аграрного образования. Серия «Механизация и электрификация технологических процессов АПК». – 2008. – Т.1, вып. 6. – С. 37 – 46.
3. Белов В. В. О рабочей зоне механизма подвески сошника / В. В. Белов, С. В. Белов // Техника в сельском хозяйстве. – 2007. – № 5. – С. 9 – 12.
4. Белов, В. В. Пути снижения колебаний в механизмах сельскохозяйственных машин / В. В. Белов // Техника в сельском хозяйстве. – 1999. – № 3. – С. 13-16.
5. Белов, В. В. Снижение влияния колебаний на качество работы сельскохозяйственных агрегатов / В. В. Белов // Механизация электрификация сельского хозяйства. – 2000. – № 1. – С. 30 – 32.
6. Белов, В. В. Теоретические основы анализа и синтеза пружинных механизмов: монография / В. В. Белов. – СПб., 2005. – 355 с.
7. Белов, В. В. Упругие характеристики механизма подвески в виде пантографа / В. В. Белов, Н. А. Белик // Вестник городского электрического транспорта России. – 2002. – № 1 (46). – С. 31 – 33.
8. Результаты анализа механизмов подвески рабочих органов / В. В. Белов [и др.] // Известия Международной академии аграрного образования. – 2016. – № 30. – С. 17-22.
9. Рыбаков, В. Н. Влияние условий работы и параметров механизма присоединения на устойчивость глубины хода сошников сеялки / В. Н. Рыбаков // Тракторы и сельхозмашины. – 1972. – № 11. – С.23 – 24.
10. Тарг. С. М. Краткий курс теоретической механики. / С. М. Тарг. – 2-е изд., испр. – М.: Высшая школа. 1995. – 416 с.
11. Токосъем и токоприёмники электроподвижного состава / под ред. И.А. Беляева. Изд. 2 – е, перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1976. – 276 с.

Сведения об авторах

1. **Белов Валерий Васильевич**, доктор технических наук, профессор кафедры механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; E-mail: belovdtn@gmail.com;
2. **Белов Сергей Валерьевич**, менеджер ООО «Забота о будущем», e-mail: belovdtn2@gmail.com;
3. **Захаров Игорь Валерьевич**, студент, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, e-mail: zacharovigor.96@gmail.com;
4. **Данилов Дмитрий Юрьевич**, студент, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29, e-mail: Dima-1997@mail.ru;
5. **Капитонов Федор Васильевич**, аспирант, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29, e-mail: 688858@mail.ru.

PHYSICAL MODEL STUDY OF SUSPENSION MECHANIZM WITH THE TENSION SPRING

V.V. Belov, S.V. Belov, I.V. Zakharov, D.Y. Danilov, F.V. Kapitonov

*Chuvash State Agricultural Academy
428003, Cheboksary, Russian Federation*

Abstract. *The article presents a study of the physical model of the suspension mechanism with the tension spring. A brief analysis of features of parameters selection of the spring mechanism in the design. It provides information about the need to clarify the parameters of the optimization mechanism of the suspension. The experiments were carried out changing one parameter, namely the angle between the levers of the suspension. In the course of the experiment examined the force at the point of suspension of the alleged working on. In tabular and graphic form the results of experimental studies are given. The results showed that the change efforts depend on the angle between the levers of the suspension. Based on these results, the authors determined the stiffness is given as the ratio of the change of the increment of effort on the dynamometer to the increment of movement of the point of suspension of the working body. Research of the different options for the arrangement of the suspension showed that there is a possibility of changes of stability of the output effort of the actuators by changing the angle between the levers of the suspension of the working body. The obtained data of the changes are the spring force in the suspension point for angle: 76°; 87°; 60° shows the variability of the elastic characteristics of the suspension mechanisms. The results of these studies show inconsistency, inaccuracy of the procedure of optimization of spring mechanisms that make the main optimization parameter only spring stiffness. They contradict the established opinion of the researchers on the spring rate. The intensity changes are of the spring force in the suspension point depends on the angle between two shoulders lever. At the same time, it should be noted that the nature of the changes in the elastic characteristics of the suspension mechanisms depending on the angle between two shoulders lever may be either increasing or decreasing.*

Key words: *mechanism, suspension, spring, elastic properties, research, optimization, parameters.*

References

1. Belov V. V., Ognev, O. Belova N. N. The change in the elastic characteristics of the suspension mechanism when you change a given free length of the springs // proceedings of the international Academy of agricultural education – Vol. No. 18 (2013). – SPb. 2013. Pp. 30, 31.
2. Belov V. V., Belova N. N. A mathematical model of the tension of the pressing belt PR-1,5 // proceedings of the MAAO. Vol. No. 6, vol. 1, (2008) "Mechanization and electrification of technological processes of agriculture." – SPb., 2008. – Pp. 37 – 46.
3. Belov V. V., Belov S. V. On the working space of the suspension mechanism opener // Technique in agriculture. – M.: 2007. – No. 5. – Pp. 9 – 12.
4. Belov V. V. Ways of reducing the variations in the mechanisms of agricultural machinery // Equipment in agriculture. – M.: 1999, – №3. – Pp. 13 – 16.
5. Belov V. V. Reducing the impact of fluctuations on the quality of work of agricultural aggregates // Mechanization of electrification of agriculture. – M.: 2000, No. 1. – Pp. 30 – 32.
6. Belov V. V. Theoretical foundations of analysis and synthesis of spring mechanisms: Monograph. Under the editorship of V. S. Sechkin. – SPb., 2005. – 355 p.
7. Belov V. V., Belik, N. Elastic characteristics of the suspension mechanism in the form of a pantograph // journal of urban electric transport in Russia. 2002. No. 1(46), Pp. 31 – 33.
8. Belov V. V., Belova N. N., Ognev O. G., Matkin, A., Kapitonov V. F. the results of the analysis of the mechanisms of suspension of working bodies // proceedings of the International Academy of agrarian education. 2016. № 30(2016). - Pp. 17-22.
9. Rybakov V. N. The influence of the operating conditions and parameters of the attach mechanism on the stability of the depth of the stroke coulters // Tractors and agricultural machinery, 1972. –No. 11. Pp. 23 –24.
10. S. M. Targ, A short course of theoretical mechanics: Textbook. for technical colleges. - 2nd ed. Rev. - M.: Higher school. 1995. - 416 p.
11. The current collector and the current collectors of electric rolling stock. I. A. Belyaev, etc. Under the editorship of I. A. Belyaev. Ed. 2 – e, Rev. and additional, M., "Transport", 1976.

Information about the authors

1. **Belov Valery Vasilievich**, Doctor of Engineering. Sciences, Professor, Department of Mechanization, Electrification and Automatization of Agricultural Production, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, St. Marx, 29; E-mail: belovdtn@gmail.com;
2. **Belov Sergey Valerievich**, Engineer, e-mail: belovdtn2@gmail.com;
3. **Zaharov Igor Valerievich**, Student, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, e-mail: zaxarovigor.96@gmail.com;
4. **Danilov Dmitry Yurievich**, Student, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, St. Marx, 29, e-mail: Dima-1997@mail.ru;
5. **Kapitonov Fedor Vasilyevich**, Student, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, St. Marx, 29, e-mail: 688858@mail.ru.