

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕХАНИЗМА РЕГУЛИРОВКИ ПОДБАРАБАНЯ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА**

**А. В. КОТОВ**

*Республиканское конструкторское унитарное предприятие  
«ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной  
технике», Республика Беларусь*

**В. П. ЧАУС**

*Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П. О. Сухого»,  
Республика Беларусь*

### **Введение**

Производительность современных зерноуборочных комбайнов значительно повышается при улучшении условий труда механизатора, что, в свою очередь, требует максимального повышения уровня автоматизации контроля и управления важнейшими рабочими органами, устройствами и системами комбайна.

К числу основных рабочих органов зерноуборочного комбайна относится молотильный аппарат, который наряду с выполнением своей основной задачи – разрушения связей зерна с колосом – в большинстве случаев является также сепарирующим органом и в процессе обмолота выделяет из соломы значительную часть зерна.

Известно, что эффективность вымолота зерна тем выше, чем больше число ударов бичей по колосьям и меньше зазоры в молотильном аппарате. Но если число ударов бичей можно автоматически регулировать частотой вращения молотильного барабана, то для изменения зазора в молотильном аппарате с одним барабаном все еще можно встретить использование ручных механизмов регулировки подбарабана (например, зерноуборочные комбайны СК-5М «Нива», Дон-1500Б, Енисей-1200М, КЗС-7 «Палессе GS07» и др.). Поэтому повышение уровня автоматизации управлением механизмом регулировки подбарабана является актуальной и важной задачей.

### **Постановка задачи**

Отечественный самоходный зерноуборочный комбайн КЗС-7 «Палессе GS07», разработанный в РКУП «ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике», снабжен ручным механизмом регулировки подбарабана, что снижает его эксплуатационные характеристики и усложняет управление работой молотильным аппаратом.

Существующая компоновка молотильного аппарата зерноуборочного комбайна КЗС-7 «Палессе GS07» позволяет провести определенные конструктивные изменения привода механизма регулировки подбарабана. Однако внедрение механизма регулировки подбарабана с автоматизированным приводом должно быть не только согласовано с компоновкой молотильного аппарата, но также и удовлетворять определенным кинематическим и силовым требованиям.

Целью данной работы является анализ функционирования усовершенствованного механизма регулировки подбарабана самоходного зерноуборочного комбайна КЗС-7 «Палессе GS07», позволяющего повысить его эксплуатационные характеристики и упростить управление работой молотильным аппаратом.

### **Ручной механизм регулировки подбарабана**

Механизм регулировки подбарабанья зерноуборочного комбайна КЗС-7 «Палессе GS07» (рис. 1) служит для пропорционального изменения зазоров между планками подбарабанья 1 и бичами молотильного барабана 2 на входе и выходе, аварийного сброса подбарабанья при случайных забиваниях молотильного аппарата, а также предохранения подбарабанья от поломок при попадании твердых предметов за счет упругих деформаций торсионного вала 21 и других звеньев.

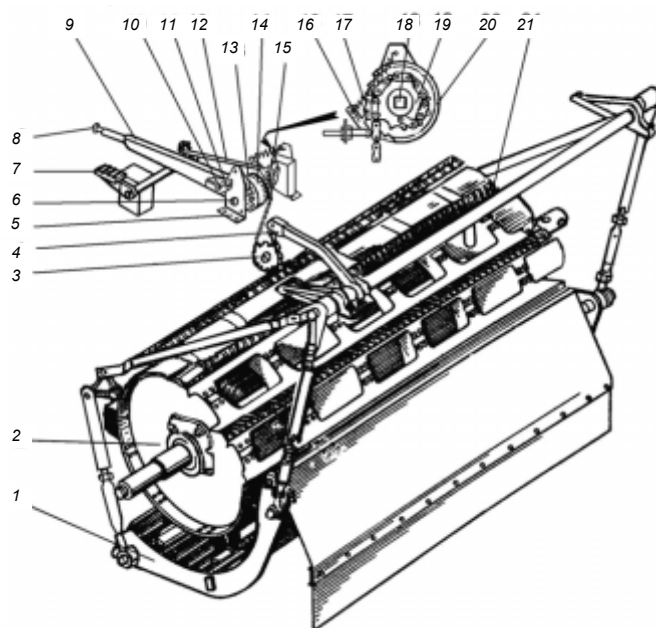


Рис. 1. Механизм регулировки подбарабанья зерноуборочного комбайна КЗС-7 «Палессе GS07»:  
 1 – подбарабанье; 2 – барабан молотильный; 3, 19 – звездочки; 4 – рычаг вала торсионного;  
 5 – опора; 6 – вал рычага; 7 – педаль; 8 – кнопка; 9 – рычаг; 10 – ось; 11, 16 – собачки;  
 12 – тяга; 13, 20 – колеса храповые; 14 – барабан со шкалой; 15 – втулочно-роликовая  
 цепь; 17 – пружина; 18 – вал; 21 – торсионный вал

Изменение зазоров (увеличение или уменьшение) между планками подбарабанья и бичами молотильного барабана зерноуборочного комбайна КЗС-7 «Палессе GS07» производится в следующей последовательности (рис. 1).

Для уменьшения зазоров необходимо опустить рычаг 9 вниз до упора, при этом собачка 11 будет перескакивать по зубьям храповика 13, вал 6 от проворачивания будет удерживать собачку 16 через храповик 20. Затем движением рычага 9 вверх поднять подбарабанье. Перемещение рычага 9 через собачку 11 и храповик 13 будет передаваться на квадратный вал 18 и на все детали, которые установлены на этом валу, в том числе и на звездочку 19. Цепь 15 будет наматываться на звездочку 19 и поворачивать рычаг 4, который повернет торсионный вал и через систему рычажного механизма движение передается подбарабанью, и оно поднимается, а зазоры при этом уменьшаются. При повороте рычага 9 вверх собачка 16 перескакивает по зубьям храповика 20, не препятствуя его повороту. Как только рычаг 9 остановится, собачка 16 под действием пружины повернется и будет удерживать храповик 20 и вал 18, следовательно, и подбарабанье в установленном положении. Количество движений рычагом 9 определяется установкой нужного зазора, который считывается со шкалы барабана 14.

Для увеличения зазоров необходимо нажать кнопку на рычаге 9 и поднять его в крайнее верхнее положение, при этом вал 18 поворачиваться не будет, так как собачка 11 будет выведена из зацепления с храповиком 13. В верхнем положении рычага 9 кнопку нужно отпустить и собачка 11 войдет в зацепление с храповиком 13. Затем нужно нажать педаль 7, т. е. вывести собачку 16 из зацепления с храповиком 20. Вал 18 удерживается рычагом 9, а при опускании рычага вниз вал 18 будет поворачиваться против часовой

стрелки и в изложенной выше последовательности подбарабанье будет опускаться, а зазоры – увеличиваться.

Для мгновенного увеличения зазоров между подбарабаньем и барабаном до максимально возможного значения (сброса подбарабанья) необходимо сначала нажать на кнопку рычага 9, а затем на педаль 7. В данном случае собачки 11 и 16 выходят из зацепления с зубьями храповиков 13 и 20 и вал 18 расфиксируется, подбарабанье под действием своей массы опускается в самое нижнее положение, перемещаясь по пазам в панелях молотилки.

Ручному механизму регулировки подбарабанья присущи следующие недостатки:

- 1) сложная и многоступенчатая конструкция;
- 2) наличие двух органов управления сбросом подбарабанья (кнопка и педаль);
- 3) регулировка зазоров осуществляется с постоянным шагом, который связан с шагом зубьев храпового колеса;
- 4) регулировка зазоров требует приложения физического усилия механизатора.

### **Автоматизированный механизм регулировки подбарабанья**

Анализ различных вариантов конструкции механизмов регулировки подбарабанья зарубежных зерноуборочных комбайнов показал, что в качестве приводного элемента механизма регулировки подбарабанья используется как электромеханический, так и гидравлический привод, причем явное предпочтение в рассмотренных конструкциях отдается электромеханическому приводу. Так, зерноуборочные комбайны Acros производства «Ростсельмаш», американские зерноуборочные комбайны фирмы JohnDeere и голландские зерноуборочные комбайны фирмы NewHolland серии «С» оснащены электромеханическим приводом механизма регулировки подбарабанья; а зерноуборочные комбайны модельного ряда Lexion немецкой фирмы Claas – электрогидравлическим приводом.

Преобладание электромеханического привода в механизмах регулировки подбарабанья объясняется рядом существенных преимуществ по сравнению с гидравлическим: возможность позиционирования штока в любом промежуточном положении; обеспечение постоянства скорости перемещения штока; возможность эксплуатации как при низких, так и при высоких температурах, а также в неблагоприятных условиях окружающей среды; отсутствие подтекания масла в зоне обмолота; хорошая компоновочная способность как самого привода, так и подводимых к нему элементов.

Применяемые в сельхозмашиностроении электромеханизмы имеют одинаковый принцип работы и отличаются максимальным ходом штока, скоростью выдвижения штока (минимальной и максимальной), а также максимальным развиваемым усилием на штоке. Принцип работы электромеханизма заключается в следующем (рис. 2): крутящий момент, создаваемый электромотором 1, через зубчатые передачи 2 и предохранительную муфту 4 передается на винт 6, который через шарико-винтовую пару 7 управляет выдвижением штока 8. Остановка штока электромеханизма в крайних положениях может ограничиваться упорами 5 или контролироваться датчиком. Конструкция электромеханизма предусматривает переднее 9 и заднее 3 крепления.

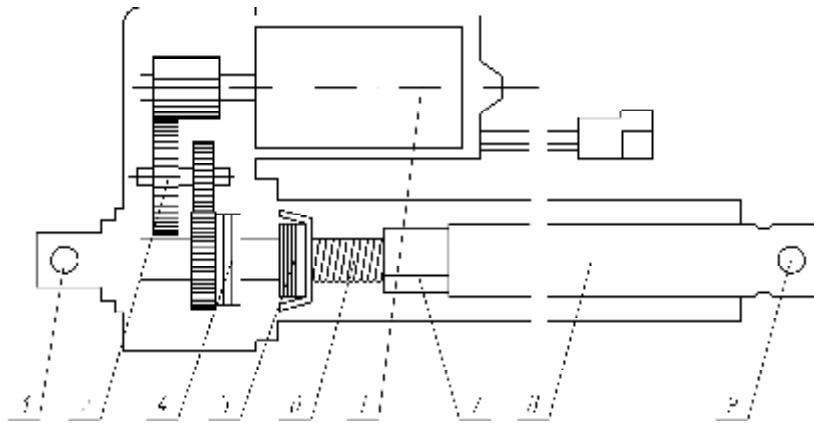


Рис. 2. Схема электромеханизма:

1 – электромотор; 2 – зубчатая передача; 3 – заднее крепление; 4 – муфта; 5 – упор;  
6 – винт; 7 – шарико-винтовая пара; 8 – выдвижной шток; 9 – переднее крепление

В рамках данной статьи были проанализированы различные варианты конструкции автоматизированных механизмов регулировки подбарабанья к зерноуборочному комбайну КЗС-7 «Палессе GS07», эффективность которых оценивалась по следующим критериям:

- 1) компоновка электромеханизма должна осуществляться с минимальными конструктивными изменениями;
- 2) величина рабочей нагрузки на шток электромеханизма должна быть минимальна;
- 3) электромеханизм должен обеспечивать плавную скорость изменения зазоров на входе и выходе молотильного аппарата, а также возможность регулировки рекомендуемых зазоров как можно на большем диапазоне хода штока электромеханизма.

В данной статье рассмотрены два варианта усовершенствованного механизма регулировки подбарабанья. Первый вариант конструкции (рис. 3, а) предполагает установку электромеханизма непосредственно под рычагом торсионного вала, что обеспечивает минимальные конструктивные изменения механизма регулировки подбарабанья. Второй вариант конструкции (рис. 3, б) предполагает применение дополнительной системы рычагов с измененной конструкцией приводного рычага торсионного вала. Для обоих рассматриваемых вариантов конструкций механизма регулировка зазоров осуществляется путем преобразования возвратно-поступательного движения штока электромеханизма во вращательное движение торсионного вала и далее в плоскопараллельное движение звеньев механизма.

Для автоматического контроля величины зазора на выходе в молотильном аппарате электромеханизм оснащается потенциометром, скользящий контакт которого механически связан со штоком электромеханизма. В результате величина сопротивления потенциометра является функцией перемещения штока электромеханизма, которая, в свою очередь, функционально связана с величиной зазора на выходе молотильного аппарата. При перемещении штока электромеханизма от начального положения измерительная система регистрирует изменение напряжения на потенциометре и затем уже обработанный системой сигнал поступает на экран дисплея бортового компьютера в виде величины зазора на выходе в молотильном аппарате. Контроль величины зазора на входе осуществляется во время настройки механизма регулировки подбарабанья на убираемую культуру при помощи измерительного щупа, и дальнейшее его изменение подчиняется кинематике движения механизма.

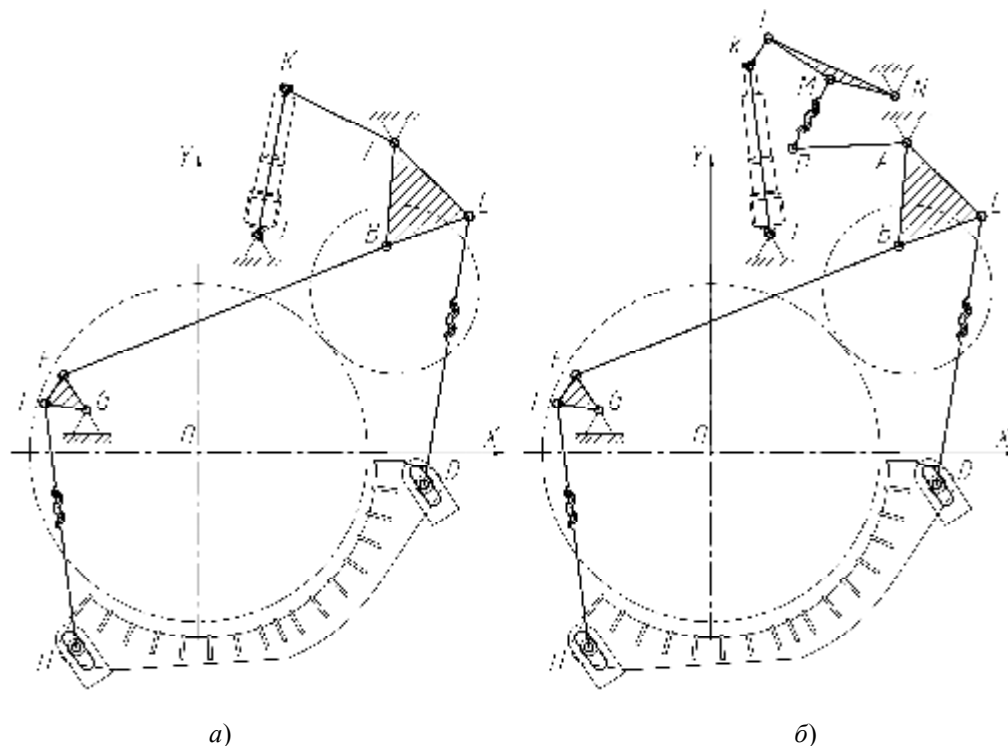


Рис. 3. Кинематические схемы механизмов регулировки подбарабья:  
 а – 1-й вариант конструкции; б – 2-й вариант конструкции

Автоматизированному механизму регулировки подбарабья присущи следующие достоинства:

- 1) возможность регулировки зазоров на входе и выходе молотильного аппарата во всем диапазоне хода штока электромеханизма;
- 2) изменение зазоров на входе и выходе молотильного барабана, а также сброс подбарабья осуществляется одной кнопкой на пульте управления в кабине;
- 3) высокая точность регулировки зазоров за счет высокой точности позиционирования штока электромеханизма;
- 4) регулировка зазоров требует приложения минимального физического усилия механизатора.

#### **Сравнительный анализ конструкций механизма регулировки подбарабья**

Обоснование возможности применения электромеханизма в рассматриваемых усовершенствованных конструкциях механизма регулировки подбарабья зерноуборочного комбайна КЗС-7 «Палессе GS07» потребовало создания соответствующей математической модели. Сформированная авторами математическая модель механизма основана на применении векторного анализа, который уже более 10 лет успешно применяется в РКУП «ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике» при проектировании рычажных механизмов сельскохозяйственных агрегатов. Данный метод отличается простотой и наглядностью, легко поддается формализации и алгоритмизации в любых современных математических пакетах, языках программирования и подробно рассмотрен в работах [1], [2].

В качестве внешних силовых факторов, действующих на элементы механизма регулировки подбарабья, были приняты максимальные силовые нагрузки, полученные на основании проведенных результатов тензометрирования в полевых условиях зерноуборочного комбайна КЗС-7 «Палессе GS07». Данные нагрузки были приняты постоянными во всем диапазоне изменения зазоров в молотильном аппарате для моделирования наихудшего режима работы. В действительности подъем–опускание подбарабья (выставление зазоров) при помощи электромеханизма будет происходить на

холостом ходу без нагрузки, поэтому реальные нагрузки будут значительно меньше расчетных.

Результаты сравнительного анализа двух рассматриваемых вариантов усовершенствованной конструкции механизмов регулировки подбарабанья с электромеханизмом представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Сравнительная характеристика  
двух вариантов механизмов регулировки подбарабанья**

Ход штока, мм	1-й вариант (рис. 3, а)			2-й вариант (рис. 3, б)		
	Потребное усилие на штоке, Н	Скорость изменения зазора на входе, мм/с	Скорость изменения зазора на выходе, мм/с	Потребное усилие на штоке, Н	Скорость изменения зазора на входе, мм/с	Скорость изменения зазора на выходе, мм/с
0	10047,1	2,67	7,74	5256,6	1,38	4,05
15,2	9914,0	3,21	7,70	5227,2	1,53	4,05
30,4	9764,4	3,75	7,56	5195,7	1,68	4,03
45,6	9588,2	4,29	7,32	5161,6	1,83	4,01
60,8	9372,7	4,81	6,98	5124,3	1,98	3,96
76	9101,9	5,29	6,53	5083,0	2,14	3,91
91,2	8755,8	5,70	5,98	5036,9	2,29	3,84
106,4	8310,3	6,02	5,30	4985,1	2,43	3,75
121,6	7738,5	6,20	4,50	4926,6	2,58	3,65
136,8	7017,0	6,21	3,58	4860,2	2,72	3,53
152	6167,8	6,06	2,53	4784,5	2,85	3,40

Как видно из табл. 1:

1) для второго варианта конструкции механизма регулировки подбарабанья рассчитанное усилие на штоке электромеханизма уменьшилось в 1,5–2 раза по сравнению с первым вариантом, что обеспечивает более надежную работу электромеханизма;

2) для второго варианта конструкции механизма регулировки подбарабанья средняя скорость изменения зазора на входе и выходе уменьшилась в 1,5–2 раза, что обеспечивает более плавный и точный процесс регулировки зазоров.

Как известно, зазоры между бичами барабана и планками подбарабанья в значительной мере определяют качественные и энергетические показатели работы молотильного устройства. Поэтому механизм регулировки подбарабанья должен поддерживать зазоры между планками подбарабанья и бичами молотильного барабана на входе и выходе постоянными и в заданных пределах [3].

Заводская регулировка зерноуборочного комбайна КЗС-7 «Палессе GS07» предусматривает следующую установку подбарабанья с зазорами между бичами барабанов и планками подбарабанья: на входе на второй планке подбарабанья – 18 мм; на выходе на 16-й планке – 2 мм (рис. 4). При этом зазоры устанавливаются по максимально выступающему бичу.

Для всех зерноуборочных комбайнов, разработанных в РКУП «ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике», предварительная величина зазоров между планками подбарабанья и бичами молотильного барабана в зависимости от вида убираемой культуры приведена в табл. 2. Окончательная корректировка зазоров выбирается в процессе выполнения технологического процесса в зависимости от влажности, высоты стеблестоя, урожайности и достигается за счет регулирования длины передних и задних стяжек (рис. 4).

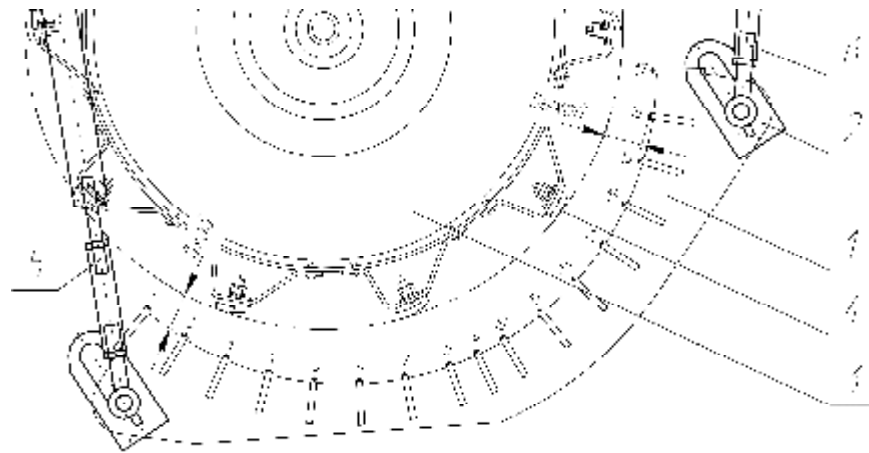


Рис. 4. Замер зазоров на входе и выходе по планкам подбарабанья:  
 1 – подбарабанье; 2 – направляющие подбарабанья; 3 – молотильный барабан;  
 4 – бичи молотильного барабана; 5, 6 – передняя и задняя стяжки соответственно

Таблица 2

**Величина зазоров между подбарабаньем и бичами молотильного барабана  
 в зависимости от вида убираемой культуры**

Убираемая культура	На входе, мм	На выходе, мм
Пшеница, ячмень	18–20	3–7
Овес	20–25	4–8
Рожь	18–20	2–6
Люцерна, клевер	7–9	3–5
Гречиха	20–30	12–18
Рапс	14–20	4–8

Графики изменения зазоров на входе и выходе молотильного аппарата для двух рассматриваемых вариантов конструкции механизмов регулировки подбарабанья в зависимости от хода штока электромеханизма приведены на рис. 5.

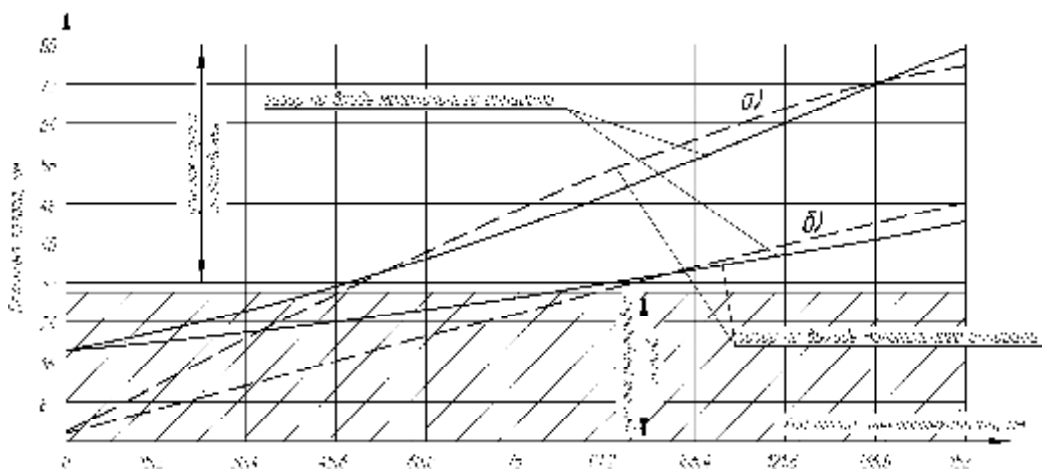


Рис. 5. Графики изменения зазоров на входе и выходе молотильного аппарата:  
 а – 1-й вариант механизма регулировки; б – 2-й вариант механизма регулировки

Изменение величины зазоров на входе и выходе молотильного аппарата осуществляется одновременно при помощи рычажного механизма, но из-за различного передаточного отношения между звеньями законы изменения величины зазоров будут различными (рис. 5). Корректировка механизма регулировки подбарабанья до обеспечения требуемого закона изменения величины зазора на входе и выходе

молотильного аппарата может осуществляться путем регулировки длины передних и задних стяжек, а также стяжки электромеханизма (рис. 3, б).

Как видно из рис. 5:

1) кривые изменения зазоров на входе и выходе молотильного барабана для второго варианта конструкции механизма регулировки подбарабана имеют более плавную характеристику, что позволяет безошибочно выставить точный зазор для самого оптимального обмолота, рассчитанного на разную урожайность и тип культуры;

2) второй вариант конструкции механизма регулировки подбарабана обеспечивает возможность регулировки зазоров на входе и выходе молотильного аппарата в диапазоне хода штока электромеханизма примерно в два раза превышающем диапазон хода штока электромеханизма для первого варианта конструкции.

Таким образом, как показали результаты анализа сформированной математической модели первого варианта конструкции механизма регулировки подбарабана, такой вариант конструкции является неэффективным. Второй вариант конструкции механизма регулировки подбарабана удовлетворяет принятым критериям и обеспечивает эффективную работу молотильного аппарата.

### **Заключение**

Проведенный авторами анализ различных вариантов усовершенствованных конструкций механизмов регулировки подбарабана зерноуборочного комбайна КЗС-7 «Палессе GS07» с автоматическим приводом позволил обосновать наиболее оптимальный вариант его конструкций, повысив тем самым эксплуатационные характеристики механизма регулировки подбарабана и упростив управление работой молотильным аппаратом.

### **Литература**

1. Котов, А. В. Применение векторного анализа при проектировании рычажных механизмов / А. В. Котов, Ю. В. Чупрынин // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 17–19 окт. 2007 г. : в 2 т. / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства» ; под общ. ред. В. Н. Дашкова. – Минск, 2007. – Т. 2. – С. 32–37.
2. Котов, А. В. Применение векторного анализа для оптимизации механизма привода системы очистки зерна зерноуборочного комбайна при его проектировании / А. В. Котов, Ю. В. Чупрынин // Механика машин, механизмов и материалов. – 2009. – № 2 (7). – С. 43–48.
3. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин : в 4 т. / под ред. М. И. Клецкина. – 2-е изд., доп. и перераб. – Москва : Машиностроение, 1969. – 353 с.

*Получено 09.09.2010 г.*