

Использование метода фса+триз для совершенствования очесывающего зерноуборочного устройства

© Петр Иванович Чуксин, Александр Иванович Скуратович, Николай Андреевич Шпаковский,
Беларусь, Минск

Введение

Высокое качество выпускаемых изделий - одна из основных предпосылок успешности продукции любой компании на мировом рынке. Высокое качество закладывается на ранних стадиях проектирования. В процессе проектирования любого изделия встречаются ситуации, когда применение известных решений по тем или иным причинам не дает желаемого результата и инженер вынужден искать новые способы решения задачи - решать изобретательскую задачу.

Проектирование качественных изделий в большинстве случаев связано с постановкой и решением изобретательских задач. Методы постановки и решения изобретательских задач, обучение этим методам, должны быть органично включены в реальный процесс проектирования.

Одним из эффективных методов совершенствования техники являются метод ФСА+ТРИЗ, основанный на объединении функционально-стоимостного анализа (ФСА) [1] с инструментами решения изобретательских задач, разработанными в рамках теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) Г.С.Альтшуллером и его учениками [2]. Этот метод отражает основной закон развития техники - стремление к идеальности, когда самой машины нет, а ее функция выполняется. Суть метода заключается в выявлении и удалении из конструкции машины тех ее частей, которые выполняют вспомогательные функции. Конструкция машины изменяется так, что части машины, выполняющие вспомогательные функции удаляются из системы, а их функции либо становятся ненужными, либо передаются оставшимся частям. В результате машина выполняет функции меньшим числом составляющих ее частей. При этом качество работы машины не должно ухудшаться [3].

Данная статья иллюстрирует высокую эффективность метода ФСА+ТРИЗ на примере усовершенствования очесывающего устройства.

Конструкция и работа очесывающего устройства

В течение ряда лет в Белорусском НПО "Белсельхозмеханизация" проводились исследования по новой технологии уборки зерновых культур методом очесывания растений и очесывающим устройствам. Это одно из перспективных направлений технологии уборки зерновых, зернобобовых культур, семенников трав, ягод, плодов. Суть новой технологии заключается в том, что в комбайн подается и обмолачивается не все растение - стебель с колосом, а только очесанные колосья, с содержащимся в них зерном. Стебли растения - солома, при этом остаются на поле, на корню (Рис.1).

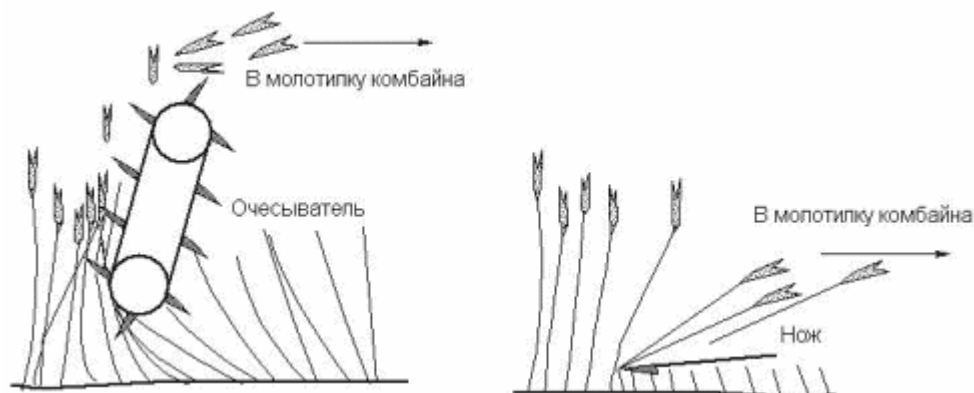


Рис.1. Новая и традиционная технологии уборки зерновых культур

Это позволяет сэкономить до 70% энергии, которую комбайн расходует на деформацию соломы в молотилке. При этом обеспечивается двух-, трехкратное повышение производительности и в полтора раза снижается расход топлива. На сегодня только несколько фирм в мире выпускают очесывающие устройства подобного типа [4].

Для уборки колосьев вместо обычной жатки на комбайн устанавливается очесывающее устройство, которое прочесывает зубьями стебли и отрывает от них колосья. В НПО "Белсельхозмеханизация" было разработано оригинальное очесывающее устройство, транспортерного типа, защищенное несколькими авторскими свидетельствами. Разработанное очесывающее устройство устанавливалось на зерноуборочном комбайне СК-5 "Нива" (рис.2), его конструктивная схема приведена на рисунке 3. Очесывающее устройство состоит из следующих основных узлов: корпус, очесыватель, питатель, крыша, битер, шнек, наклонная камера, привод. В процессе работы устройство взаимодействует со следующими объектами надсистемы: почва, стебли, колосья, комбайн, комбайнер.



Рис.2. Очесывающее устройство к комбайну СК-5 "Нива".

Корпус предназначен для размещения на нем рабочих органов очесывающего устройства и придания всей конструкции определенной жесткости. Корпус представляет собой сварную конструкцию, задняя часть которой образует сборную камеру, куда попадают очесанные колосья.

Очесыватель предназначен для отрыва колосьев от стеблей и транспортирования их в сборную камеру. Он установлен внутри корпуса и представляет собой двухвальный транспортер с лентой, на которой закреплены металлические зубья.

Питатель представляет собой устройство, которое наклоняет растения к очесывателю, поднимает полеглые стебли растений. Питатель выполнен в виде трубы с размещенным внутри нее эксцентричным валом, снабженным упругими пальцами. Питатель перемещается относительно корпуса в зависимости от высоты и состояния убираемых растений.

Крыша служит для направления движения потока очесанных колосьев в сборную камеру. Крыша жестко крепится к корпусу и имеет люк, открывающий доступ внутрь корпуса. Передняя стенка крыши, питатель, корпус и очесыватель образуют камеру очеса стеблей.

Битер предназначен для съема колосьев и стеблей, застрявших в зубьях очесывателя и предотвращения их нависания на передней кромке сборной камеры. Битер представляет собой вращающийся от привода четырехлопастной вал.

Шнек. В сборной камере размещается шнек, который сдвигает колосья к центру и подает их в наклонную камеру комбайна.

Привод предназначен для передачи крутящего момента от комбайна на рабочие органы очесывающего устройства - шнек, питатель, очесыватель, битер. Имеется также гидравлические цилиндры для перемещения питателя и очесывающего устройства по высоте. Узлы привода крепятся на корпус очесывающего устройства.

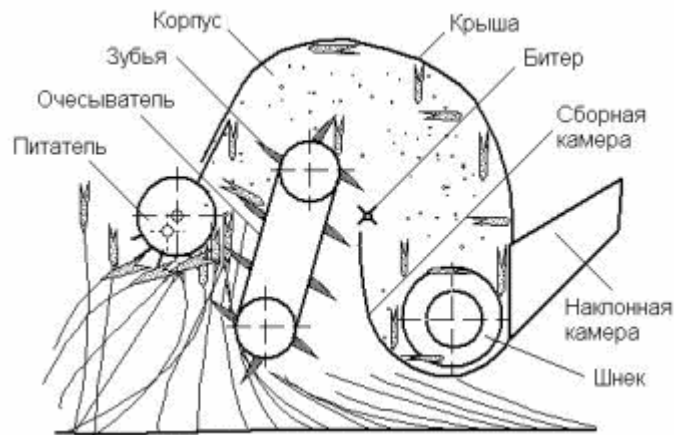


Рис.3. Конструктивная схема очесывающего устройства

Работает очесывающее устройство следующим образом.

Комбайн с установленным на нем очесывающим устройством движется по полю и внедряется в стеблестой. Вращающийся питатель сдвигает и уплотняет прямостоящие стебли растений, при этом питатель своими пальцами захватывает и подает стебли к очесывателю. Зубья очесывателя, двигаясь с большой скоростью прочесывают стебли снизу вверх и обрывают колосья. Оборванные колосья зубьями переносятся вверх и сбрасываются в сборную камеру, откуда шнеком подаются в наклонную камеру молотилку комбайна. Колосья, застрявшие в зубьях очесывателя, снимаются вращающимся битером и также сбрасываются в сборную камеру.

Проведенные испытания показали, что разработанное очесывающее устройство имело ряд существенных недостатков:

- большой вес (2130 кг.), превышающий допустимую нагрузку на переднюю ось комбайна;
- большие габариты - устройство закрывало комбайнеру обзор рабочей зоны;
- повышенные потери зерна - 4,5...9%, при допустимых 2,5...3,5%.

Попытки устранить недостатки конструкции традиционными методами проектирования не давали нужного результата. Было решено использовать метод ФСА+ТРИЗ.

Совершенствовании очесывающего устройства с использованием метода фса+триз

Работа по усовершенствованию очесывающего устройства включала в себя следующие этапы: подготовительный, информационный, структурный анализ, функциональный анализ, функционально-идеальное моделирование, решение выявленных задач, оформление предложений, написание отчета.

Подготовительный и информационный этапы

Работа выполнялась специально собранным для этой работы временным творческим коллективом, в состав которого входили специалист по методам технического творчества, научные сотрудники, связанные с новой технологией уборки, инженеры-конструкторы, инженер-технолог, патентовед,. Все они были ознакомлены с конструктивными особенностями и работой очесывающего устройства. Особенностью этого коллектива являлось то, что только два человека были обучены методам ФСА и ТРИЗ, а на выполнение работ отводился краткий срок - 1 месяц. Обучать основам ТРИЗ и ФСА было некогда. Складывалась противоречивая ситуация - работу должны были выполнить быстро и качественно люди не знающие методики ее выполнения.

Выход был найден в совмещении процесса обучения участников с процессом анализа. На каждой рабочей встрече группу обучали следующему шагу анализа, а затем группа училась выполнять этот шаг, анализируя очесывающее устройство.

Положительным фактором было то, что после получения пакета предложений по усовершенствованию очесывающего устройства, эта же группа конструкторов разрабатывала конструкторскую документацию.

Структурный анализ очесывающего устройства

В процессе анализа была построена структурная модель очесывающего устройства (рис.4). Были также описаны связи между его узлами, сформулированы задачи и предложения по улучшению их конструкции. Каждая связь между узлами очесывающего устройства была описана следующим образом:

Взаимодействующие компоненты:

Колос - Очесыватель

Полезное действие:

Зубья очесывателя отрывают колосья от стебля и очесыватель бросает их в сборную камеру.

Нежелательный эффект:

Часть колосьев не сбрасывается в сборную камеру, а выносятся холостой ветвью зубчатой ленты очесывателя на почву.

Задача:

Требуется устранить нежелательный эффект - вынос колосьев зубчатой лентой на почву, сохранив полезное действие - отрыв колосьев от стеблей и перенос их в сборную камеру.

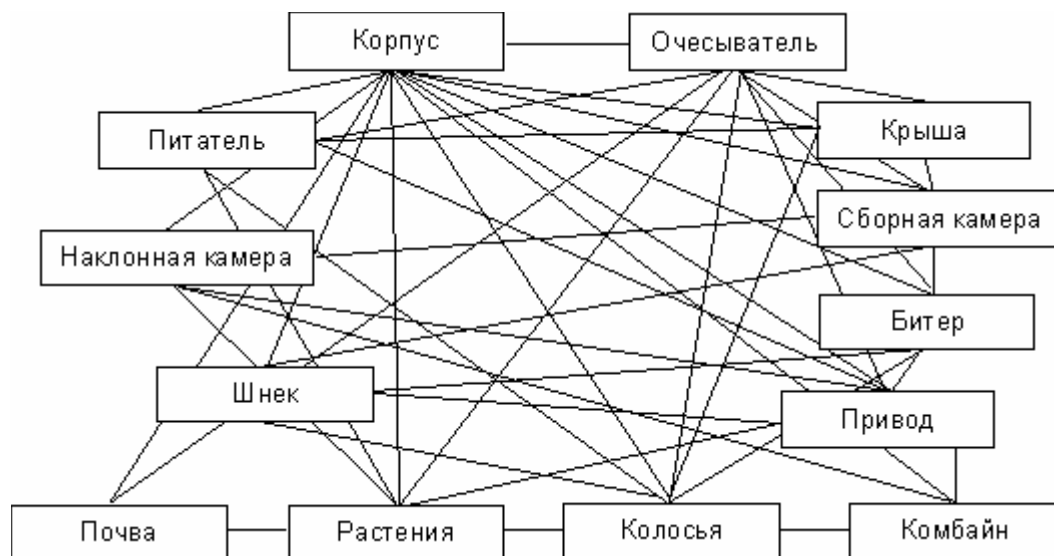


Рис.4. Структурная модель очесывающего устройства.

Анализ всех связей позволил сформулировать и выявить много нежелательных эффектов, возникающих при взаимодействии узлов очесывающего устройства друг с другом и с объектами ближайшей надсистемы. По ходу анализа было сделано множество предложений, не требующих особых усилий для их внедрения в конструкцию.

Например: анализ показал, что большая длина очесывателя была целесообразна, когда в конструкции очесывающего устройства еще не было питателя. Применение питателя изменило характер взаимодействия стеблей с очесывателем и необходимость в такой большой длине очесывателя отпала. Однако, при проектировании очередной конструкции очесывающего устройства это обстоятельство было упущено. В результате анализа предложили уменьшить длину транспортера. Был проведен расчет и межосевое расстояние между валами очесывателя было уменьшено на 375 мм. Это позволило существенно уменьшить габариты и вес не только самого очесывателя, но и рамы очесывающего устройства.

Функциональный анализ

На основе информации, полученной во время проведения структурного анализа, были сформулированы главная функция очесывающего устройства и функции его основных узлов.

Функциональный анализ позволил выяснить, какие узлы очесывающего устройства выполняют основные функции, а какие вспомогательные, а также сформулировать задачи по повышению качества выполнения функций узлов очесывающего устройства.

При проведении функционального анализа группа натолкнулась на следующую методическую трудность. Оказалось, что почти все узлы очесывающего устройства взаимодействуют с изделием - стеблями и колосьями. По имеющимся в ФСА правилам ранжирования функций, все элементы машины, которые обрабатывают изделие, являются носителями основных функций.

Все узлы очесывающего устройства, кроме привода, действительно работают со стеблями и колосьями и, с этой точки зрения все они выполняют основные функции. Как в этом случае получить рекомендации для свертывания узлов очесывающего устройства? Обычно, свертывание конструкции машины начинают с частей, выполняющих вспомогательные функции.

Было предложено проанализировать не саму конструкцию очесывающего устройства, а технологический процесс очесывания стеблей и операции этого процесса. При таком подходе каждый узел очесывающего устройства выполняет определенную операцию по обработке стебля и колоса.

Анализ позволил выявить какие узлы выполняют основные операции и вносят основной вклад в выполнение главной функции, а какие только способствуют ее выполнению.

Основные операции направлены на обработку изделия в соответствии с заданными требованиями.

Основной операцией для процесса очеса растений является отрыв колосьев от стеблей.

Вспомогательные операции обеспечивают выполнение основных или исправляют недостатки, возникшие на основных и других вспомогательных операциях. Основную операцию выполняет зубчатая лента очесывателя, отрывающая колосья от стебля, а все остальные узлы очесывающего устройства выполняют вспомогательные или исправляющие операции. Получилось, что вспомогательными операциями являются: уплотнение стеблей, подача стеблей в зону очеса, транспортировка стеблей в сборную камеру, съем стеблей с зубьев очесывателя.

Так например, битер, выполняет исправляющую операцию - он снимает с зубьев очесывателя зацепившиеся колосья и стебли. Это исправляющая операция, потому что она исправляет недостатки вспомогательной операции по перемещению колосьев в сборную камеру. Недостаток очесывателя заключается в том, что не все колосья сбрасываются с очесывателя в сборную камеру, часть колосьев цепляется за зубья и выносятся на почву.

Было решено попытаться обойтись без битера - свернуть его.

Функционально-идеальное моделирование - свертывание

Итак в процессе функционального анализа было предложено отказаться от битера, который выполняет исправляющую операцию. Итак в процессе функционального анализа было предложено отказаться от битера, который выполняет исправляющую операцию. После этого, в соответствии с правилами свертывания объектов, была построена функционально-идеальная модель очесывающего устройства. Модель отражала упрощение и снижение веса узлов очесывающего устройства и содержала меньшее число вспомогательных частей (рис.5).

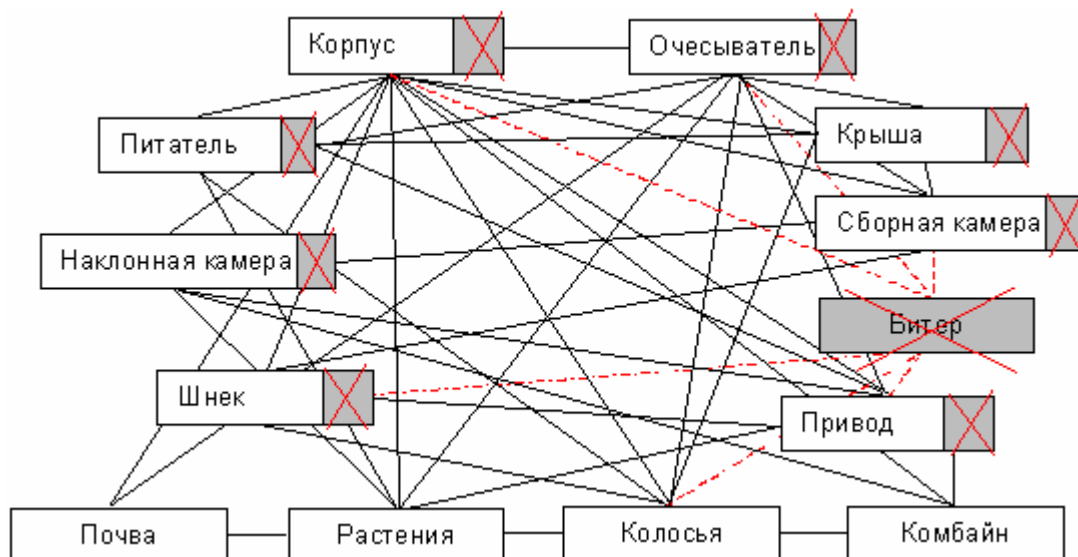


Рис.5. Идеальная модель очесывающего устройства.

На предыдущем этапе были сформулированы изобретательские задачи, которые необходимо решить для реализации этой модели. Удаление битера из конструкции требует отследить к каким изменениям в конструкции это может привести. В соответствии с правилами свертывания были сформулированы следующие условия свертывания для битера:

Битер выполняет две функции:

1. снимает колосья с зубьев очесывателя;
2. препятствует нависанию колосьев на кромке сборной камеры корпуса.

Условия свертывания для функции "снимать колосья с зубьев очесывателя":

Битер, выполняющий функцию "снимать колосья с зубьев очесывателя", может быть ликвидирован, если:

А) нет колосьев;

Б) функцию "снимать колосья с зубьев очесывателя" выполнит сам очесыватель посредством его ресурсов (материал, форма, расположение и т.д.);

С1) функцию "снимать колосья с зубьев очесывателя" выполнит корпус;

С2) функцию "снимать колосья с зубьев очесывателя" выполнит питатель;

С3) функцию "снимать колосья с зубьев очесывателя" выполнит крыша;

С4) функцию "снимать колосья с зубьев очесывателя" выполнит шнек;

С5) функцию "снимать колосья с зубьев очесывателя" выполнит привод.

Выбираем вариант С1, т.к. элемент корпус, а именно, передняя кромка сборной камеры, находится в непосредственной близости к оперативной зоне - месту, где происходит конфликт - "неполный съем колосьев с зубьев очесывателя".

Задача 1.

Итак, в результате свертывания первой функции битера возникает задача: как изменить корпус, а точнее, переднюю кромку сборной камеры, чтобы она выполняла функцию "снимать колосья с зубьев очесывателя"? Условия свертывания для функции "препятствовать нависанию колосьев на кромке сборной камеры корпуса": Битер, выполняющий функцию "препятствовать нависанию колосьев на кромке сборной камеры корпуса" может быть ликвидирован, если:

А) нет колосьев;

Б) функцию "препятствовать нависанию колосьев на кромке сборной камеры корпуса" выполнит сама кромка сборной камеры корпуса посредством его ресурсов (материал, форма, расположение и т.д.).

С1) функцию "препятствовать нависанию колосьев на кромке сборной камеры корпуса" выполнит очесыватель.

С2) функцию "препятствовать нависанию колосьев на кромке сборной камеры корпуса" выполнит питатель.

С3) функцию "препятствовать нависанию колосьев на кромке сборной камеры корпуса" выполнит крыша.

С4) функцию "препятствовать нависанию колосьев на кромке сборной камеры корпуса" выполнит шнек.

С5) функцию "препятствовать нависанию колосьев на кромке сборной камеры корпуса" выполнит привод. Выбираем вариант "Б", т.к. он является предпочтительным при выполнении и первой функции битера.

Задача 2.

Итак, в результате свертывания второй функции битера возникает задача: как изменить элемент корпус так, чтобы он сам выполнял функцию "препятствовать нависанию колосьев на кромке сборной камеры корпуса".

Решение выявленных задач

Для поиска идей решений для сформулированных задач использовались такие решательные инструменты ТРИЗ как приемы разрешения технических противоречий, стандартные решения изобретательских задач, алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ), указатель физических

эффектов. Были сформулированы задачи 1 и 2, по изменению передней кромки сборной камеры так, чтобы она, не хуже чем битер, выполняла его функции:

- снимать колосья с зубьев очесывателя;
- препятствовать нависанию колосьев на кромке сборной камеры.

Эта задача была решена путем размещения передней кромки сборной камеры в непосредственной близости от зубчатой ленты очесывателя и согласованием ее формы с формой зубьев на зубчатой ленте. В результате передняя кромка сборной камеры стала зубчатой и зубья очесывающей ленты, проходили между ее зубьями. Зубья кромки было предложено выполнить гибкими, эластичными во избежание их поломок и установить под определенным углом, для лучшего съема колосьев с очесывателя (Рис.6).

Для усовершенствования конструкции очесывателя были сформулированы следующие предложения:

- удалить из конструкции битер, а выполнение его функции передать передней кромке сборной камеры;
- верхнюю кромку желоба выполнить в виде гибких упругих зубьев, концы которых расположены между зубьями очесывателя;
- удалить привод битера, что приводит к упрощению конструкции и снижению веса привода очесывающего устройства, устранению перекоса очесывателя в сторону, где расположен привод;
- был сформулирован образ идеального очесывающего устройства, являющегося дальним прогнозом развития машин этого класса.

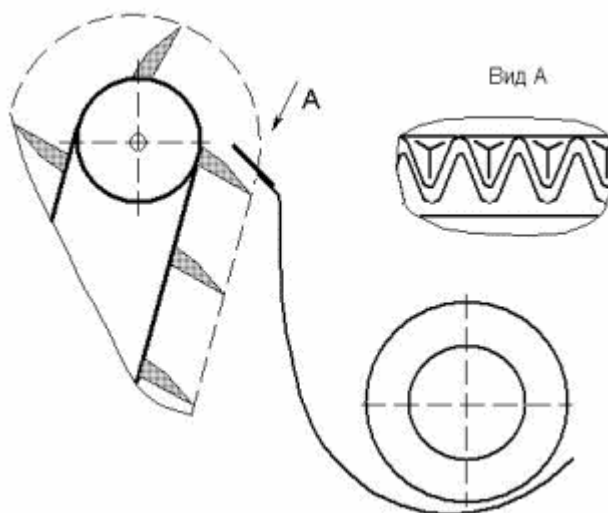


Рис. 6. Предложения по изменению стенки сборной камеры

Модернизация конструкции очесывающего устройства

Группа конструкторов, участвовавших в проведении ФСА, разработала конструкторскую документацию на очесывающее устройство в кратчайшие сроки и с высоким качеством. По этой документации было изготовлено очесывающее устройство к комбайну СК-5 "Нива". Вес машины по сравнению с предыдущей конструкцией снизился на 19%, существенно уменьшились ее габариты (рис .7).



Рис.7 Очесывающее устройство после проведения ФСА

Испытания показали, что зубья передней кромки сборной камеры надежно снимают застрявшие в очесывателе колосья. В процессе работы, под действием колосьев и воздушного потока зубья на кромке сборной камеры колеблются. Благодаря колебаниям зубьев происходит их самоочищение, предотвращается нависание стеблей и колосьев на кромке сборной камеры (рис.8).

Все эти изменения в конструкции очесывающего устройства позволили снизить потери зерна до требуемого уровня - 1,5...3%. Комбайн с очесывающим устройством проходил испытания в Белоруссии и России. Испытания показали, что все основные цели, поставленные при проведении ФСА достигнуты. Один из вариантов очесывающего устройства был включен в план производства Тульского комбайнового завода (Россия). К сожалению начавшийся спад в экономике не позволил организовать производство очесывающих устройств.

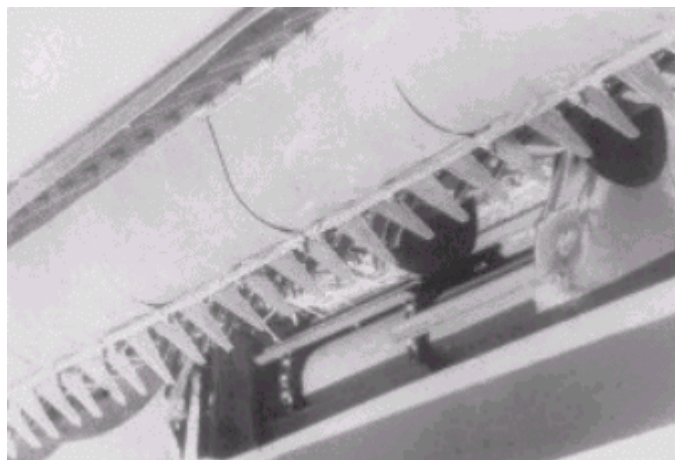


Рис. 8. Вид на зубчатую кромку сборной камеры

Заключение

Технический результат.

Проведение работ по совершенствованию очесывающего устройства с применением метода ФСА+ТРИЗ позволило на 19% снизить вес и существенно уменьшить габариты машины, снизить потери до уровня агротребований - 1,5...3%.

Научный результат.

В ходе работ было найдено несколько новых технологических и технических решений, был сформулирован образ идеального очесывателя, являющегося дальним прогнозом развития этих устройств. По целому ряду узлов очесывающего устройства были поданы заявки в республике

Беларусь и в России. По техническому решению связанному со свертыванием битера и применением зубчатого съемника был получен патент США 5974772 [6].

Организационный результат.

После проведения ФСА группа участвовавших в работе конструкторов, благодаря знаниям полученным в ходе работы над очесывающим устройством разработала конструкторскую документацию в кратчайшие сроки и с высоким качеством.

Организационная находка.

Обучения временной рабочей группы методам постановки и решения задач в процессе усовершенствования объекта анализа.

Методическая находка.

Применение правил анализа функций технологических операций для технического устройства. В любом техническом устройстве осуществляются процессы преобразования вещества, энергии, информации. Поэтому правила анализа и приемы усовершенствования, применяемые для процессов, можно использовать и для усовершенствования объектов. Методика анализа процессов дополняет методику анализа объектов и должна использоваться совместно. Это говорит еще и о том, что необходимо разработать обобщенную единую методику анализа.

Литература

1. Справочник по ФСА. Под ред. М.Г.Карпунина и Б.И.Майданчика. М.:Финансы и статистика, 1988.
2. Г.С.Альтшуллер, Б.Л.Злотин, А.В.Зусман, В.И.Филатов, Поиск новых идей: от озарения к технологии - Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1990.
3. Герасимов В.М., Литвин С.С. "Учет закономерностей развития техники при проведении ФСА технологических процессов". Практика проведения ФСА в электротехнической промышленности. Под ред. М.Г.Карпунина.-М.Энергоатомиздат, 1987.
4. В.Лосев, П.Чуксин, Н.Шпаковский "Очесывающий адаптер АГСК-4", Агропанорама №1, 1995.
5. Основные положения методики проведения функционально-стоимостного анализа: Методические рекомендации. - М.: ИнформФСА, 1991.
6. US Patent 5974772 System for harvesting crops by combing.

<http://www.trizland.ru>