

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОЧЕСЫВАЮЩЕЙ ЖАТКИ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА «ФСА+ТРИЗ»

Скуратович Александр Иванович*,
Чуксин Петр Иванович,
Шпаковский Николай Андреевич

*ais99@mail.ru

Консультант и тренер по совершенствованию изделий, процессов, услуг с помощью ТРИЗ, ФСА и Бережливого Производства

Ранние варианты этой статьи можно посмотреть здесь:

<http://www.trizminsk.org/e/248013.htm> ;

<http://www.triz-journal.com/archives/2003/09/g/07.pdf> ;

<http://www.trizland.ru/trizba.php?id=223> .

В более позднюю версию статьи (в обновлённом и дополненном виде статья была опубликована в сборнике "[ТРИЗ-профи: Эффективные решения в сельском хозяйстве](#)". - М.: Кушнир, 2006.", а затем на сайте <http://www.metodolog.ru/01343/01343.html>) были добавлены таблицы и схемы, показывающие как для упрощения конструкции технического объекта («свёртывание» структуры очесывающей жатки) были применены правила упрощения технологических процессов («свёртывание» структуры процесса - на жаргоне «ФСА+ТРИЗ»).

Именно анализ процесса обработки растений, осуществляющийся узлами жатки, позволил выявить узлы, выполняющие вспомогательные функции и выбрать из них тот узел, который легче всего можно удалить из конструкции жатки.

Таким образом, работа по усовершенствованию жатки показала, что анализ процессов, происходящих внутри машины, дополнительно к её структурному и функциональному анализу, позволяет получить более точные рекомендации по её усовершенствованию.

В данной версии статьи обновлены ссылки на литературу и местами поправлен текст.

Постановка задачи

Одним из перспективных направлений развития технологии уборки зерновых культур является метод очесывания растений. Суть его заключается в том, что от растений отделяются и подаются в молотильный аппарат комбайна только колосья с зерном, а стебли растений остаются на поле, на корню.

Для этого на комбайн, вместо обычной жатки, устанавливается очесывающая жатка, рабочий орган которой – вращающийся ротор с зубьями специальной формы (см. рис. 1).

При поступательном движении комбайна, зубья вращающегося ротора прочесывают растения снизу вверх, и отрывают колосья от стеблей.

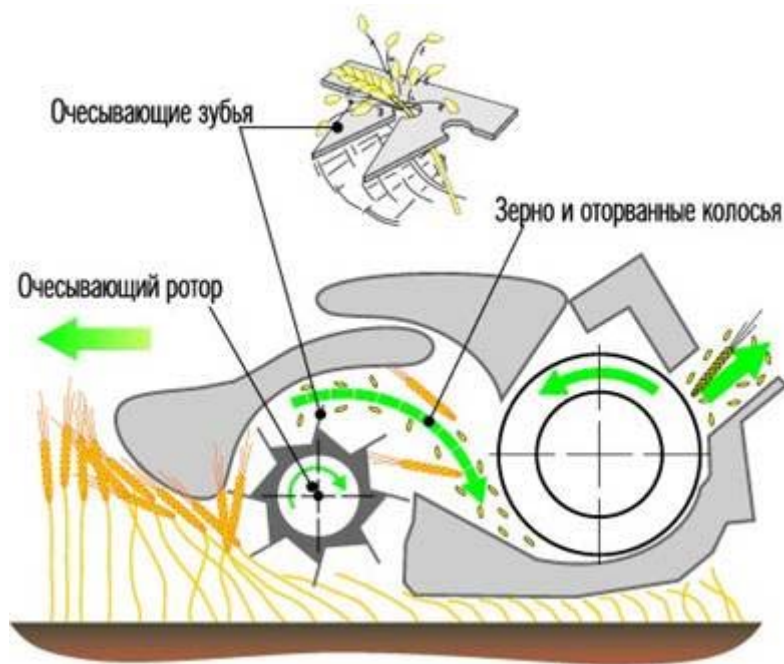


Рис 1. Принцип действия очесывающей жатки британской компании Shelbourne Reynolds [1].

Уборка зерновых культур методом очеса позволяет сэкономить до 70% энергии, которую комбайн расходует на деформацию соломы в молотилке. Производительность уборки повышается в 2-3 раза, в полтора раза снижается расход топлива.

Сегодня в мире производством очесывающих жаток занимаются несколько компаний¹.



Очесывающая жатка компании Massey Ferguson [2]



Очесывающая жатка британской компании Shelbourne Reynolds [3]

¹ Историю создания очесывающей жатки см. в статьях: П.Чуксина «[История галльской жатки](#)» и «[Возрождение галльской жатки](#)»



Очесывающего жатка Озон-4 Пензенский машиностроительный завод, ОАО "ПЕНЗМАШ" [4]



Очесывающая жатка ОКД-4 Красноярский завод комбайнов [5]

В Белорусском НПО "Белсельхозмеханизация" тоже проводились исследования по технологии уборки зерновых культур методом очесывания растений. В результате этих исследований была разработана оригинальная очесывающая жатка транспортерного типа. Конструкция этой жатки защищена несколькими авторскими свидетельствами и патентами. Жатка устанавливалась на зерноуборочный комбайн СК-5 "Нива" и испытывалась на государственной испытательной станции (см. рис.2) [6], [7].



Рис.2. Очесывающая жатка на комбайне СК-5 "Нива" (один из первых образцов).

Испытания показали, что очесывающая жатка транспортерного типа (см. рис. 3), в отличие от очесывающих жаток других производителей, обладала несколькими важными достоинствами:

- наличие у жатки специального органа (питателя) позволяет поднимать с земли полеглые растения и подавать их к очесывателю;
- очесыватель транспортерного типа позволяет обрывать колосья, бобы или метелки растений разной высоты – от 0,1 до 1,8 метра.

В тоже время у жатки были выявлены существенные недостатки, без устранения которых нельзя было приступить к ее серийному производству:

- большая масса: жатка получилась тяжелой (2130 кг) и комбайн с трудом ее поднимал, а нагрузка на переднюю ось комбайна превышала допустимые нормы;
- большие габариты: жатка закрывала комбайнеру обзор зоны соприкосновения растений с жаткой. Комбайнер не видел на какой высоте по отношению к колосьям растений был установлен питатель, неправильная установка питателя по высоте приводила к потерям зерна;
- потери зерна составляли 4,5 - 9% и превышали допустимый уровень 2,5 – 3,5%.

Попытки разработчиков устранить недостатки и улучшить конструкцию жатки путем применения известных конструкторских методов не давали нужного результата. Поэтому было решено попробовать усовершенствовать конструкцию жатки с помощью метода «ФСА+ТРИЗ».

Метод «ФСА+ТРИЗ»

Метод «ФСА+ТРИЗ» является одним из наиболее эффективных методов совершенствования технических систем при их проектировании и модернизации. Он основан на объединении инструментов анализа технических систем взятых из метода функционально-стоимостного анализа (ФСА) и инструментов решения задач из теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) [8], [9], [10].

Метод «ФСА+ТРИЗ» позволяет провести системный анализ исследуемого объекта, выявить и устранить его недостатки, найти резервы повышения главных показателей, устранить избыточные затраты, дать достоверный прогноз развития.

Рабочая группа

Для проведения работ, предусмотренных методом «ФСА+ТРИЗ», была создана временная исследовательская рабочая группа. В ее состав входили: специалист по методу «ФСА+ТРИЗ», специалисты по технологии уборки зерновых культур методом очеса, инженеры-конструкторы, инженер-технолог, патентовед. Все они были ознакомлены с конструктивными особенностями и работой очесывающей жатки. Однако, только два человека были обучены методам ФСА и ТРИЗ. Обучать группу основам ФСА и ТРИЗ было некогда. На получение предложений по улучшению жатки отводился краткий срок. Складывалась противоречивая ситуация - работу должны были выполнить быстро и качественно люди, не знающие методики ее выполнения.

Решили совместить процесс обучения группы с процессом анализа жатки. В начале каждой рабочей встречи часть времени отводилась для обучения следующему шагу анализа по методу «ФСА+ТРИЗ», а затем группа применяла эти знания для анализа жатки. Сегодня этот способ обучения называют «обучение действием» или «обучение через реальную работу».

Положительным эффектом стало то, что эти же конструкторы и технолог в последствии разрабатывали конструкторскую документацию на новую жатку и им не нужно было

тратить время на изучение ее конструкции и принципа работы. Они хорошо знали и понимали требования, предъявляемые к жатке, и воплощали в чертежах идеи и предложения, соавторами которых являлись.

Анализ конструкции жатки

Компонентный анализ

Очесывающая жатка транспортерного типа предназначена для обрыва колосьев растений и подачи их к молотильному аппарату комбайна. Она состоит из следующих основных узлов (компонентов): питатель, очесыватель транспортерного типа, корпус, крыша, битер, сборная камера, шнек, наклонная камера, приводной механизм (на рисунке не показан) (см. рис. 3).

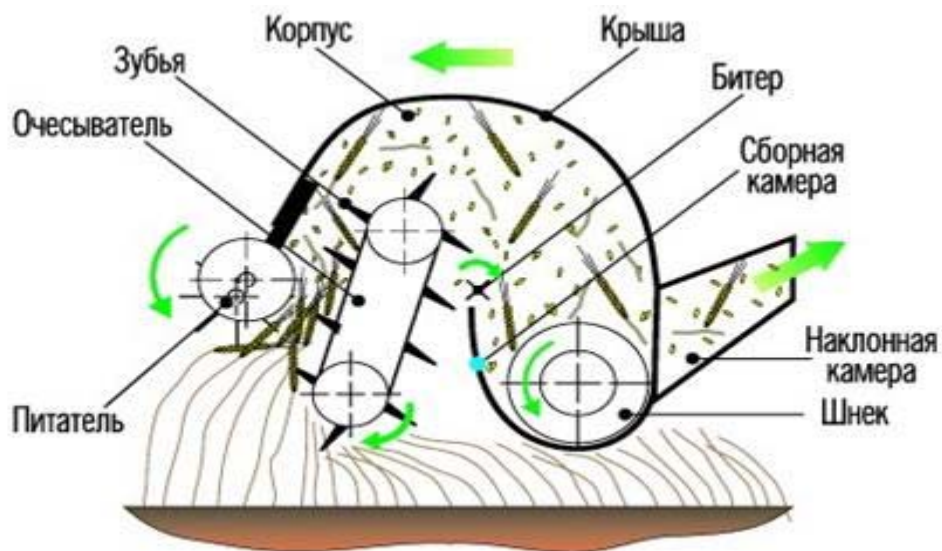


Рис. 3. Конструктивная схема очесывающей жатки транспортерного типа.

Питатель - это вращающаяся металлическая труба с упругими пальцами, благодаря которым питатель захватывает и подает растения к очесывателю. Наличие питателя позволяет жатке поднимать и очесывать полеглые растения и тем самым снижать потери урожая. Высота установки питателя относительно очесывателя и почвы может изменяться и зависит от высоты и состояния растений на поле.

Очесыватель транспортерного типа – это широкая резиновая лента с закрепленными на ней очесывающими зубьями специальной формы (см. рис. 1), одетая на два вращающихся вала. Во время работы жатки, лента вращается с большой скоростью, зубья отрывают колосья от стеблей и перемещают их в сборную камеру.

Корпус очесывающей жатки представляет собой сварную металлическую конструкцию, задняя часть которой образует сборную камеру для оборванных колосьев и выбитых зерен. Корпус предназначен для размещения и закрепления на нем всех узлов очесывающей жатки и придания ей необходимой жесткости и прочности. Кроме

того, боковины корпуса удерживают оборванные колосья и выбитые зерна внутри жатки.

Крыша служит для удержания и направления оборванных колосьев и выбитых зерен в сборную камеру. Крыша жестко крепится к корпусу и имеет люк, открывающий доступ к узлам жатки. Передняя стенка крыши, питатель, очесыватель и корпус образуют замкнутую камеру для очеса растений.

Битер - это металлический вращающийся четырехлопастной вал. Он предназначен для съема колосьев и стеблей, застрявших в зубьях очесывателя и предотвращения их нависания на передней стенке сборной камеры.

Шнек размещается на дне сборной камеры. Он перемещает оборванные колосья и выбитые зерна к центру очесывающей жатки и подает их в наклонную камеру комбайна.

Наклонная камера перемещает ворох из оборванных колосьев, стеблей и выбитых зерен к молотильному аппарату комбайна.

Приводной механизм крепится на корпусе очесывающей жатки и передает крутящий момент от комбайна к питателю, очесывателю, битеру и шнеку.

Принцип работы очесывающей жатки

Комбайн с очесывающей жаткой движется по полю. Вращающийся питатель сдвигает вперед и уплотняет стебли растений, захватывает их упругими пальцами и перемещает к очесывателю (см.рис. 3).

Зубья очесывателя, двигаясь с большой скоростью, прочесывают растения снизу вверх. При этом стебли растений собираются у оснований зубьев, имеющих форму замочной скважины (см. рис. 1.) и зубья, встречаясь с колосьями растений, обрывают их. При обрыве часть зерен выбивается из колоса. Выбитые зерна и оборванные колосья переносятся зубьями вверх, перебрасываются через очёсыватель и сбрасываются в сборную камеру.

Колосья и обрывки стеблей, застрявшие в зубьях очесывателя, снимаются вращающимся битером и также сбрасываются в сборную камеру. Шнек, расположенный на дне сборной камеры, сдвигает оборванную массу к середине сборной камеры. Транспортёр наклонной камеры захватывает массу и переносит ее к молотильному аппарату комбайна.

Структурный анализ

Структурный анализ очесывающей жатки помог выявить и описать все существенные связи между узлами жатки и объектами ее надсистемы – почвой, растениями, колосьями, комбайном (см. рис. 4).

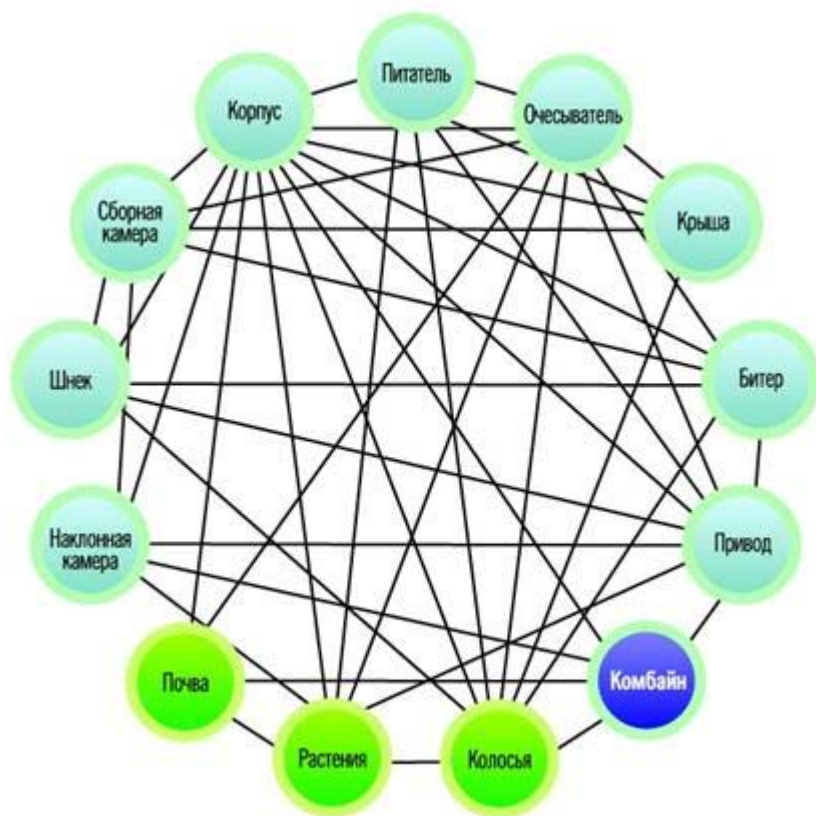


Рис.4. Структурная модель очесывающей жатки.

Каждая связь была описана по следующему шаблону, например:

Взаимодействующие узлы: Колосья – Очесыватель.

Полезное действие: Зубья очесывателя отрывают колосья от стеблей, перемещают и сбрасывают их в сборную камеру.

Нежелательный эффект (НЭ): Часть колосьев застревает в зубьях очесывателя и выносятся обратной стороной очесывателя на поле.

Задача (или предварительное предложение) по устранению НЭ:

Требуется предотвратить вынос колосьев зубьями очесывателя на поле, сохранив их полезные действия - отрыв колосьев от стеблей и перенос их в сборную камеру.

Анализ связей помог членам временной рабочей группы разобраться в устройстве жатки, взаимодействии ее частей и позволил выявить и систематизировать множество нежелательных эффектов. Вот только основные из них:

НЭ1. Питатель вносит свой вклад в большие потери зерна тем, что уплотняет стоящие растения, цепляет их, подгибает и протаскивает под собой, чтобы подать к очесывателю. Каждое это действие питателя приводит к лишнему тереблению растений и преждевременному выпадению из колосьев части самых зрелых зерен.

НЭ2. Для вращения питателя, между его поверхностью и стенкой крыши образован зазор, через который возможен вынос выбитых зерен из камеры очеса наружу.

НЭ3. Сложная конструкция и большая масса питателя. Питатель представляет собой металлическую трубу большого диаметра, внутри которой с некоторым осевым смещением расположен вал с упругими металлическими пальцами. При вращении питателя пальцы выступают из нижней части трубы, захватывают растения, подтягивают их к очесывателю и опять прячутся в трубу. Такая сложная конструкция питателя была сделана для того, чтобы предотвратить вынос колосьев и выбитых зерен через прорези в передней стенке крыши.

НЭ4. Большая высота очесывателя, а следовательно и всей жатки делает невозможным обзор переднего края жатки из кабины комбайна. Кроме того, у очесывателя большая масса.

НЭ5. Очесыватель сбрасывает в сборную камеру не все колосья, часть из них цепляется за зубья очесывателя и выносятся ими на поле.

НЭ6. Битер плохо удаляет застрявшие колосья и стебли растений с зубьев очесывателя. Плоские лопатки битера находятся на некотором минимальном расстоянии от зубьев очесывателя, но не могут зацепить колосья и стебли, застрявшие между зубьями очесывателя.

Если лопатки битера сделать зубчатыми и расположить их так, чтобы они проходили между зубьями очесывателя, то застрявшие колосья будут удаляться лучше. Но в этом случае придется увеличить зазор между лопатками битера и стенкой сборной камеры, что в свою очередь, может привести к еще большим потерям зерна.

Чтобы не увеличивать зазор между лопатками битера и стенкой сборной камеры, край стенки сборной камеры можно сделать зубчатым, но тогда за него будут цепляться оборванные колосья и стебли, они будут накапливаться и сбрасываться на поле зубьями битера.

НЭ7. Необходимость использования битера приводит к образованию большого зазора между очесывателем и передней стенкой сборной камеры, что приводит к дополнительным потерям зерна и колосьев.

НЭ8. Металлическая крыша, направляющая оторванные колосья и зерна к сборной камере, сварена из листового металла, имеет большие размеры и массу и не является жесткой конструкцией. Это затрудняет ее открывание при обслуживании жатки.

НЭ9. Расположение тяжелого приводного механизма с одной стороны жатки вызывает ее перекося в эту сторону.

За каждым нежелательным эффектом скрывается задача, решение которой открывает возможности для улучшения работы жатки.

Системный анализ взаимодействий между узлами жатки и объектами ее надсистемы позволил не только выявить множество нежелательных эффектов, но и позволил сформулировать предварительные предложения по улучшению конструкции жатки, например:

Предварительное предложение по устранению НЭ4

В результате анализа истории создания очесывающей жатки выяснилось, что большая высота очесывателя была целесообразна в первых конструкциях жатки. Тогда не было питателя и очесыватель должен был быть способен обрывать колосья с растений высотой до 1,8 метров. Введение в конструкцию жатки питателя изменило характер взаимодействия растений с очесывателем. Питатель захватывал растения любой высоты и перемещал их к очесывателю, поэтому необходимость в большой высоте очесывателя отпала.

Однако, при проектировании очередного варианта очесывающей жатки это обстоятельство было упущено и высоту очесывателя сохранили прежней. В результате новая жатка опять получилась высокой и закрывала комбайнеру обзор.

После несложных расчетов, оказалось, что высоту очесывателя можно уменьшить на 375 мм! Внедрение этого предложения позволило полностью устранить НЭ4.

Функциональный анализ

На основе информации, полученной во время проведения компонентного и структурного анализов, были сформулированы главная функция очесывающей жатки и главные функции ее основных узлов (см. Таблицу 1). Определение рангов функций узлов жатки проводилось в соответствии с правилами изложенными в работе [11].

Очесывающая жатка является частью зерноуборочного комбайна. В комбайне осуществляется процесс отделения зерна от растений. Поэтому назначение комбайна – получить зерно. В процессе получения зерна, действие жатки направлено на колосья растений. Жатка отделяет колосья от стеблей и перемещает их к молотилке комбайна.

В момент отрыва колосьев от стеблей часть зерен выбивается. И вот эту массу из колосьев и выбитых зерен надо переместить к молотилке комбайна. Поэтому, формулировка главной функции очесывающей жатки – «перемещать оборванные колосья и выбитые зерна к молотилке комбайна». Оборванные колосья и выбитые зёрна – это объекты главной функции жатки.

Таблица 1. Функциональная модель очесывающей жатки.

Название системы	Формулировка главной функции системы	
Очесывающая жатка	перемещать оборванные колосья и выбитые зерна к молотилке комбайна	Главная
Название узлов	Формулировки главных функций узлов	Ранг функции
Питатель	подавать растения (стебли и колосья) к очесывателю	Основная
Очесыватель	отделять колосья от стеблей растений	Основная
Крыша	удерживать и направлять колосья и зерна к сборной камере	Основная
Битер	удалять застрявшие колосья и стебли с очесывателя	Основная
Сборная камера	удерживать и направлять колосья и зерна к наклонной камере	Основная
Шнек	перемещать колосья и зерна к наклонной камере	Основная
Наклонная камера	перемещать колосья и зерна к молотилке комбайна	Основная

Корпус	удерживать колося и зерна внутри жатки	Основная
	удерживать узлы жатки	Вспомогательная
Привод	приводить в движение питатель, очесыватель, битер, шнек, наклонную камеру (ее транспортер)	Вспомогательная

Теперь посмотрим во внутрь жатки. Большая часть узлов жатки работает с колосьями и выбитым зерном. Эти узлы обеспечивают выполнение главной функции жатки.

Поэтому ранги функций у этих узлов – «основные» (см. Таблицу 1).

Остальные узлы жатки обеспечивают работу узлов, выполняющих «основные» функции. Поэтому ранги функций у этих узлов – «вспомогательные».

Функционально-идеальная модель жатки

Существенные возможности по улучшению конструкции жатки можно найти, если попытаться сформулировать ее «идеальный» образ.



Роберт Людвигович
Бартини

Идеальность в технике

Повысить идеальность проектируемых машин стремились многие выдающиеся конструкторы.

Например, советский авиаконструктор Роберт Людвигович Бартини. Его называли «генератором идей».

Экспериментальный самолет Бартини «Сталь-6» в 1933 году достиг скорость 420 км/час, что было на 100 км/час больше, чем у самолетов того времени [1].



Бартини говорил: «Самый хороший механизм тот, который может оставаться на складе и летчику не нужен» [2].

1. В.Б.Шавров, «[Самолеты конструкции Р.Л.Бартини](#)».
2. И.Берлин, «Крыло мечты», Техника и наука, №2, 1983, стр. 29 – 31.

Закон повышения степени идеальности системы – это основной закон развития технических систем в ТРИЗ. Согласно этому закону, развитие технических систем идет в направлении увеличения степени их идеальности – наблюдается постоянный рост отношения «пользы» - функциональных показателей системы к разного рода «затратам» и другим факторам расплаты, связанным с выполнением полезных функций системы.

В пределе требуемые функции должны выполняться с нулевыми затратами, т.е. системы не должно быть! «Идеальная система – это когда системы нет, а функция ее сохраняется и выполняется» [12], [13].

Один из эффективных путей повышения идеальности системы это «свертывание» ее структуры и функций. «Свернутая» система выполняет все необходимые функции с заданным уровнем качества при минимальном числе компонентов.

Для «свертывания» систем и процессов в рамках метода «ФСА+ТРИЗ» была разработана и применяется специальная процедура под названием «функционально-идеальное моделирование» [11], [14]. Функционально-идеальная модель системы по сравнению с исходной функциональной моделью содержит меньшее количество вспомогательных функций и компонентов, выполняющих эти функции.

Чтобы повысить идеальность системы, из ее состава удаляют менее значимые компоненты – компоненты, выполняющие вредные и вспомогательные функции. При удалении компонента из системы его функция либо удаляется как ненужная, либо, если она нужна, переносится на оставшиеся компоненты системы или объекты надсистемы.

Из всех узлов жатки вспомогательные функции выполняют привод и часть корпуса (см. таблицу 1). Но удалять привод из конструкции жатки нельзя - должен оставаться узел, передающий механическую энергию от комбайна к рабочим органам жатки. А удалить или упростить часть корпуса можно только после удаления какого-либо узла жатки.

Как узнать какой узел жатки менее значимый, если у всех оставшихся узлов ранги функций «основные»?

Чтобы определить менее значимый узел жатки было предложено провести анализ процесса обработки растений и получения колосьев, который происходит внутри жатки.

При таком «процессном» подходе каждый узел очесывающей жатки можно рассматривать как объект, выполняющий определенную «технологическую» операцию процесса обработки растений и колосьев (см. рис. 5 и таблицу 2).



Рис. 5. Процесс обработки растений очесывающей жаткой

Процесс обработки растений и получения колосьев, осуществляемый очесывающей жаткой, состоит из 6 операций. Анализ этих операций и их функций показал, что только одна из них является создающей – «обрыв колосьев», т.к. именно на этой операции «создается» конечный продукт обработки растений - колосья и зерна. Поэтому ранг функции этой операции – «основная».

Остальные операции являются «обеспечивающими» или «исправляющими», поэтому ранги их функций - «вспомогательные». Эти операции либо обеспечивают выполнение «создающей» операции, либо носят вспомогательный характер - в нашем случае они только перемещают колосья и зерна, приближая их к молотильному аппарату комбайна, либо исправляют недостатки, возникшие на предыдущих операциях.

Так, например, узел «битер» выполняет операцию «очистка очесывателя» и должен удалять застрявшие колосья с зубьев очесывателя. Это «исправляющая» операция, т.к. она направлена на исправление нежелательного эффекта (НЭ5) – «застревание колосьев на зубьях очесывателя», возникшего при выполнении основной операции – «обрыв колосьев» и вспомогательной операции - «транспортировка колосьев и зерен» к сборной камере.

Кроме того, «битер» сам производит несколько нежелательных эффектов: НЭ6 – «битер плохо удаляет застрявшие колосья и стебли растений с зубьев очесывателя» и большая их часть выносится на поле;

НЭ7 – «битер приводит к образованию большого зазора между очесывателем и передней стенкой сборной камеры».

Таблица 2. Операции процесса получения колосьев и выбитых зёрен.

Название процесса	Главная функция процесса	Название оборудования	Вид процесса	
Отделение колосьев от растений	Получить колосья и зерна	Очесывающая жатка		
Название Операции	Функция операции	Узел жатки	Вид операции	Ранг функции
Подготовка растений	подать растения (стебли и колосья) к очесывателю	Питатель	обеспечивающая	Всп ² . 1 ранга
Обрыв колосьев	отделить колосья и зерна от стеблей растений	Очесыватель	создающая	Основная
Транспортировка колосьев и зерен	переместить колосья и зерна к сборной камере	Очесыватель и крыша	обеспечивающая	Всп. 1 ранга
Очистка очесывателя	удалять застрявшие колосья с зубьев очесывателя	Битер	исправляющая	Всп. 1 ранга Всп. 2 ранга
Сбор колосьев и зерен	переместить колосья к наклонной камере	Шнек и сборная камера	обеспечивающая	Всп. 2 ранга
Транспортировка колосьев и зерен	переместить колосья к молотилке комбайна	Наклонная камера	обеспечивающая	Всп. 3 ранга

² Всп. – вспомогательная операция.

Название процесса	Главная функция процесса	Название оборудования	Вид процесса	
Снабжение энергией рабочих органов жатки	Подать механическую энергию к рабочим органам жатки - питателю, очесывателю, битеру, шнеку, наклонной камере	Привод		

Итак, получается, что «битер» нужен только для того, чтобы исправить нежелательный эффект, возникающий при выполнении основной и вспомогательной операции.

Любая «исправляющая» операция является вспомогательной и рассматривается как первый кандидат на удаление из технологического процесса. Поэтому было решено первым из конструкции жатки попытаться удалить «битер» как узел, выполняющий вспомогательную операцию, а его функции передать оставшимся узлам жатки.

Идеальный процесс

По аналогии с формулой идеальной технической системы [12, стр. 136], можно сказать, что *«идеальный процесс – это когда процесса нет, а функция его сохраняется и выполняется»*.

Главная функция процесса – получить продукт в соответствии с заданным уровнем качества. Поэтому *«идеальный процесс – это когда процесса нет, а продукт производится с требуемым уровнем качества»*.

С этой точки зрения, наличие в технологическом процессе вспомогательных операций является его недостатком. Поэтому, чтобы повысить идеальность технологического процесса необходимо, ликвидировать все вспомогательные операции и сократить число создающих, а качество производимого продукта сохранить прежним или повысить.

В соответствии с правилами «свертывания» технических объектов [11, стр. 20], были сформулированы условия для удаления «битера» из конструкции жатки. Была построена функционально-идеальная модель очесывающей жатки без «битера» и сформулированы задачи, которые необходимо решить, чтобы воплотить эту функционально-идеальную модель в конструкции новой жатки.

Условия свертывания для «битера»:

Главная функция битера: «удалять застрявшие колосья и стебли с очесывателя».

Битер, может быть ликвидирован, если:

- А) нет колосьев и стеблей;
- Б) колосья и стебли сами себя удаляют с зубьев и ленты очесывателя;
- В) функцию "удалять застрявшие колосья и стебли с очесывателя» выполняют: оставшиеся узлы жатки:
 - питатель;
 - очесыватель;

- крыша;
- сборная камера;
- шнек;
- наклонная камера;
- привод.

или объекты надсистемы жатки:

- почва;
- растения;
- узлы комбайна.

Анализ условий свертывания и формулирование задач.

Условие «А» - когда «нет колосьев и стеблей», не может быть принято к дальнейшему рассмотрению, т.к. назначение очесывающей жатки работать с колосьями и стеблями.

Условие «Б» - «колосья и стебли сами себя удаляют с очесывателя» приводит к идее, когда застрявшие колосья и стебли сами высвобождаются из зубьев очесывателя в зоне их сброса в сборную камеру. Частично этот вариант уже осуществляется – часть колосьев, зерен и стеблей слетают с верхней части очесывателя по инерции, когда лента очесывателя делает крутой поворот и убегает вниз.

Но сил инерции оказывается недостаточно, часть колосьев со стеблями запутываются между зубьями очесывателя и застревают в них.

Здесь можно сформулировать следующие задачи:

Задача №1 - Как усилить сбрасывающие силы инерции у колосьев в верхней части очесывателя, чтобы «колосья и стебли сами себя удаляли с очесывателя»?

Задача №2 - Как уменьшить силы сцепления колосьев и стеблей с зубьями очесывателя в верхней его части, чтобы «колосья и стебли сами себя удаляли с очесывателя»?

Условие «В» - «функцию "удалять застрявшие колосья и стебли с зубьев и ленты очесывателя» выполняют: оставшиеся узлы жатки или объекты ее надсистемы» содержит много вариантов. Здесь можно дать следующую рекомендацию - поскольку снятые колосья и стебли надо будет сбросить в сборную камеру, то функцию битера целесообразно перенести на узлы, которые находятся рядом с битером – это верхняя часть очесывателя и передний край стенки сборной камеры.

Соответственно можно сформулировать следующие задачи:

Задача №3 - Как изменить верхнюю часть очесывателя, чтобы она удаляла застрявшие колосья с зубьев очесывателя?

Задача №4 - Как изменить передний край стенки сборной камеры, чтобы он удалял застрявшие колосья с зубьев очесывателя?

Поскольку на выбор условия свертывания «А» наложен запрет, то функционально-идеальная модель жатки строилась по условиям свертывания «Б» и «В».

В результате получилась функционально-идеальная модель, которая обеспечивает качественное выполнение главной функции очесывающей жатки без «битера» и присущих ему недостатков - НЭ6, НЭ7.

Чтобы эта модель была реализована в конструкции новой жатки, необходимо было решить задачи № 1, 2, 3, 4, которые возникли при переносе функций «битера» на оставшиеся узлы жатки.

Решение задач

Задачи, сформулированные в результате построения функционально-идеальной модели исследуемой системы обладают следующими особенностями [11] :

- их меньше, чем выявленных нежелательных эффектов;
- большинство этих задач скрыто от взора специалистов и появляются они только в результате применения процедуры «свертывания» системы;
- решение этих задач позволяет повысить функциональные возможности системы при одновременном снижении затрат и других факторов расплаты;
- решение этих задач выходит за рамки усовершенствования отдельных узлов конструкции и связано с усовершенствованием всей системы в целом.

Иногда, такие задачи не содержат противоречий и могут быть решены с помощью известных конструкторских методов и приемов.

Решение задач № 2 и №3

Чтобы снизить силы сцепления колосьев и стеблей с зубьями очесывателя, было предложено сделать ленту очесывателя колеблющейся - из физики известно, что колебания и вибрация снижают силы трения между контактирующими поверхностями.

Чтобы сообщить ленте очесывателя колебания, было предложено поверхность верхнего вала очесывателя выполнить ребристой. Вращаясь на ребристом валу, лента очесывателя будет колебаться и колосьям будет легче отделиться от зубьев очесывателя и при повороте ленты слететь с неё. Эта идея является ответом и для Задачи №3.

Решение задачи №4

Чтобы передняя стенка сборной камеры могла удалять застрявшие колосья, было предложено:

- край передней стенки сделать зубчатым;
- расположить зубья так, чтобы они проходили между зубьями очесывателя;
- угол наклона зубьев установить таким, чтобы они помогали снимать колосья и стебли (см. рис. 6).

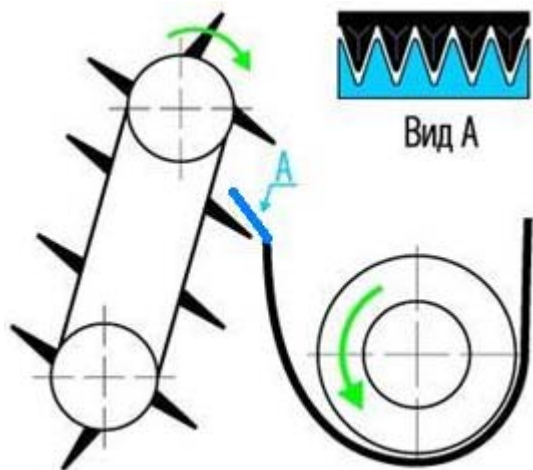


Рис. 6. Зубчатая передняя стенка сборной камеры

Внедрение этих предложений не вызвало больших сложностей и позволило удалить «битер» из конструкции жатки. Вместе с «битером» исчезли его нежелательные эффекты НЭ6, НЭ7 и необходимость в их устранении.

Удаление битера привело к следующим положительным изменениям в конструкции жатки:

- очесыватель максимально приблизили к стенке сборной камеры и уменьшили зазор между ним и передней стенкой сборной камеры, это существенно уменьшило вынос очесанных колосьев и зерен из жатки – сильно ослабили НЭ5;
- очесыватель расположили более полого, это снизило возможность выпадения выбитых зерен из очесывающей камеры вниз и несколько уменьшило высоту очесывающей жатки и ещё больше открыло обзор передней части жатки – ослабили НЭ4;
- стал ненужным механизм, вращающий битер, в результате упростился механический привод жатки, снизились его габариты и масса, был устранен перекосящий жатку в сторону расположения привода – устранили НЭ9.

Кроме этого, внедрение предварительного предложения по уменьшению высоты очесывателя на 375 мм (см. НЭ4) позволило дополнительно существенно уменьшить высоту и массу не только очесывателя, но и крыши жатки (устранили НЭ8), боковин корпуса, передней стенки сборной камеры и очесывающей жатки в целом. Появились хорошие условия для наблюдения за передним краем жатки из кабины комбайна (полностью устранили НЭ4).

В результате получилась конструкция жатки, соответствующая функционально-идеальной модели, которая обеспечивает качественное выполнение главной функции без «битера» (см. Таблицу 3).

Таблица 3. Функционально-идеальная модель очесывающей жатки

Название системы	Формулировка главной функции системы	
Очесывающая жатка	перемещать оборванные колосья и выбитые зерна к молотилке комбайна	Главная
Название узлов	Формулировки главных функций узлов	Ранг функции
Питатель	подавать растения (стебли и колосья) к очесывателю	Основная
Очесыватель	отделять колосья от стеблей растений	Основная
Крыша	удерживать и направлять колосья и зерна к сборной камере	Основная
Битер	удалять застрявшие колосья и стебли с очесывателя	
Сборная камера	удерживать и направлять колосья и зерна к наклонной камере	Основная
Шнек	перемещать колосья и зерна к наклонной камере	Основная
Наклонная камера	перемещать колосья и зерна к молотилке комбайна	Основная
Корпус	удерживать колосья и зерна внутри жатки	Основная
	удерживать узлы жатки (удерживать битер)	Вспомогательная
Привод	приводить в движение питатель, очесыватель, битер , шнек, наклонную камеру (ее транспортер)	Вспомогательная

Реализация этой модели позволила существенно упростить конструкцию жатки, снизить ее массу и улучшить качество функционирования.

В итоге в конструкции жатки произошли следующие изменения (см. рис. 7):

- удален узел «битер»;
- удалена часть привода, предназначенная для вращения «битера»;
- уменьшились габариты и снизилась масса у 8-ми узлов жатки;
- устранены НЭ4, НЭ5, НЭ6, НЭ7, НЭ8, НЭ9.

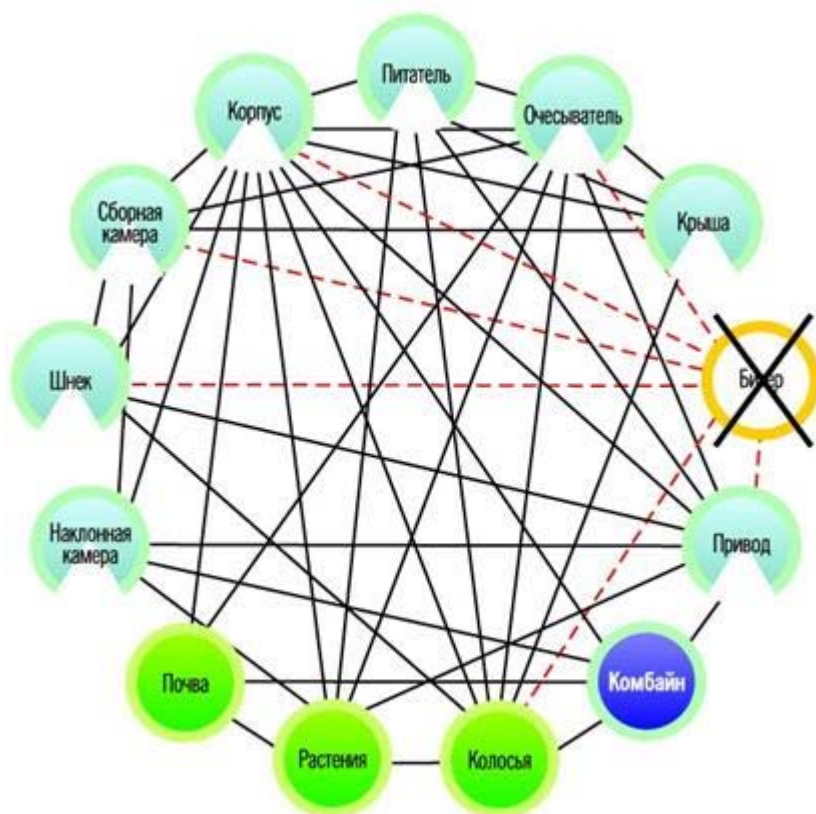


Рис. 7. Структурная модель усовершенствованной жатки

Таким образом, применение закона повышения степени идеальности технических объектов и технологических процессов, позволило найти новые «скрытые» резервы для усовершенствования жатки.

Внедрение предложений и испытание жатки

Поскольку работа по улучшению конструкции очесывающей жатки проводилась на ее ранних стадиях проектирования, а конструкторы и технологи принимали непосредственное участие в проведении анализа и выработке предложений по ее улучшению, то внесение изменений в конструкцию жатки не вызвало у них больших трудностей.

Рабочая документация была разработана в сжатые сроки, а опытный экземпляр очесывающей жатки был изготовлен и успешно прошел испытания в Беларуси и России [15] (см. рис. 8).



Рис. 8. Усовершенствованная очесывающая жатка на комбайне СК-5 "Нива"

Испытания усовершенствованного образца очесывающей жатки показали, что в результате применения метода «ФСА+ТРИЗ» все цели, поставленные перед исследовательской рабочей группой по устранению недостатков и усовершенствованию очесывающей жатки были достигнуты:

- масса жатки снизилась с 2130 кг до 1700 кг;
- уменьшилась высота жатки и комбайнер получил возможность наблюдать зону встречи жатки с растениями;
- потери зерна снизились с 4,5 – 9% до 1,5 – 3%;
- очесывающую ленту сделали секционной, что позволило ремонтировать ее в поле силами экипажа комбайна;
- зубчатая стенка сборной камеры снимала колосья и стебли с зубьев очесывателя (см. рис.9).

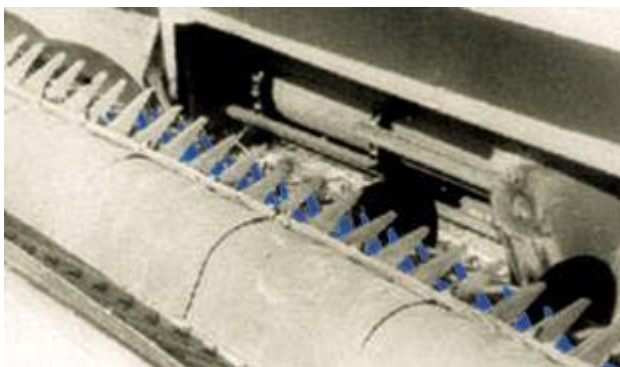


Рис. 9. Зубчатая стенка сборной камеры (выделена синим цветом)

Один из вариантов усовершенствованной жатки был включен в план производства Тульского комбайнового завода в России. Однако, тяжелая экономическая ситуация в России в начале 1990-х годов не позволила организовать производство этих жаток.

ИТОГИ

Технический результат

Проведение работ по совершенствованию очесывающей жатки с применением метода «ФСА+ТРИЗ» позволило на 19% снизить ее массу, существенно уменьшить ее габариты, сделать видимой зону встречи растений с жаткой и снизить потери зерна до требуемого уровня - 1,5...3%.

Научный результат

В ходе работ было найдено несколько новых технологических и технических решений, был сформулировано несколько образов более идеальной конструкции очесывающей жатки, являющихся более дальним прогнозом развития этих устройств (в данной статье это не показано).

Множество узлов очесывающей жатки были усовершенствованы и полученные решения защищены авторскими свидетельствами и патентами. Например, решение, связанное с удалением из конструкции жатки бitera и использование передней стенки сборной камеры для удаления застрявших колосьев с зубьев очесывающей ленты, было защищено патентами [17], [18], [19], [20], [21].

Методическая находка

Во время работы любого технического устройства осуществляются процессы преобразования вещества, энергии, информации. Эти процессы можно рассматривать как своеобразные «технологические процессы», подобные процессам изготовления технических устройств или производства услуг.

Поэтому правила построения функциональных моделей, анализа и ранжирования функций и построения функционально-идеальной модели для технологических процессов можно использовать для усовершенствования технических устройств и наоборот. Эти правила дополняют друг друга и их совместное использование дает новые возможности для усовершенствования техники.

Организационная находка

Обучение исследовательской рабочей группы основным инструментам метода «ФСА+ТРИЗ» было проведено параллельно с процессом проведения работ по усовершенствованию очесывающей жатки.

Участие группы конструкторов и технологов в работе по применению метода «ФСА+ТРИЗ» для усовершенствования очесывающей жатки позволило им разработать конструкторскую и технологическую документацию на новую жатку в краткие сроки и с высоким качеством.

Очесывающие жатки на полях России

Сегодня, на полях российской компании «ИНТЕКО-АГРО» для уборки урожая зерновых культур успешно применяются очесывающие жатки английской компании Shelbourne Reynolds. Применение этих жаток позволило вдвое увеличить скорость уборки зерновых, снизить потери урожая и сократить затраты на топливо.



Очесывающая жатка Shelbourne Reynolds на полях компании «ИНТЕКО-АГРО»

Совместно с компанией Shelbourne Reynolds планируется построить завод по производству очесывающих жаток в России [16]. Учитывая возможность установки такой жатки на российские комбайны, потребуются модификация ее конструкции. К решению этой задачи привлечены специалисты по ТРИЗ и ФСА из аналитической группы «ТРИЗ-ПРОФИ».

Литература

1. Strakšas A. Development of a stripper-header for grain harvesting; Agronomy Research 4(1), 2006.
2. Massey Ferguson 6020, Header Grain Stripper, 1994.
<http://www.ironsearch.com/Tractor-Dealer/Farm-Equipment/Header-Grain-Stripper.aspx>
3. Stripper Header, <http://www.shelbourne.com/English/Index.htm>
4. Жатка навесная очесывающего типа "ОЗОН",
http://www.penzmash.ru/root/catalog/selh_equipment/sdf48
5. Двухбарабанное очесывающее устройство ОКД-4,
<http://www.avtomash.ru/pred/enisei/okd4.htm>
6. Отчет о проведении ФСА очесывающего адаптера-модуля, ЦНИИМЭСХ, НПО «БЕЛСЕЛЬХОЗМЕХАНИЗАЦИЯ», Минск, 1990.

7. Чуксин П.И., Скуратович А.И., Шпаковский Н.А., “Использование метода ФСА+ТРИЗ для совершенствования очесывающего зерноуборочного устройства”, Минск, Декабрь, 1999, <http://www.trizminsk.org/e/248013.htm> , <http://www.trizland.ru/trizba.php?id=223>
8. Литвин С.С., Герасимов В.М. Если ты думаешь, что ты инженер - думай / Беседа слепых мудрецов. - Журнал ТРИЗ. - Гомель: Интерцентр Веда, 1990, 1 (№2).
9. С.С. Литвин, В.М. Герасимов. Система ТРИЗ-ФСА (краткое изложение); Журнал ТРИЗ, т.2, №2,1990, стр.53.
10. Литвин С.С., Герасимов В.М. Основные положения методики проведения ФСА / Методические рекомендации, части 4 и 5. - Журнал ТРИЗ. - Обнинск: Протва-Прин, 1992, 3. 2 (№6).
11. Основные положения методики проведения функционально-стоимостного анализа: Методические рекомендации. - М.: Информ-ФСА, 1991.
12. Альтшуллер Г.С., Творчество как точная наука. – 2-е изд., доп. - Петрозаводск: Скандинавия, 2004.
13. Саламатов Ю.П., Система законов развития техники (основы теории развития технических систем). Изд. 2-е испр. и доп. Книга для изобретателя изучающего ТРИЗ. INSTITUTE OF INNOVATIVE DESIGN: Красноярск, 1996г. <http://www.trizminsk.org/e/21101300.htm>
14. Герасимов В.М., Литвин С.С. Учет закономерностей развития техники при проведении ФСА технологических процессов. В кн. Практика проведения ФСА в электротехнической промышленности./Под ред. М.Г.Карпунина.- М.: Энергоатомиздат, 1987.
15. Лосев В., Чуксин П. Шпаковский Н. Очесывающий адаптер АГСК-4, Агропанорама №1, 1995.
16. «Компания «ИНТЕКО» стала совладельцем британского производителя сельхозтехники», 16 января 2006 г., http://www.mashportal.ru/company_news-2885.aspx
17. Патент США - US5974772 System for harvesting crops by combing.
18. Патент Германии - DE19581928T System for harvesting crops by combing.
19. Патент Канады – CA2203761 System for harvesting crops by combing.
20. Патент Великобритании – GB2309369 System for harvesting crops by combing.
21. Патент международный – WO9612400 System for harvesting crops by combing.