

НЕ ДАВИТЕ, МУЖИКИ! НЕ ДАВИТЕ!...

(Обзор: как выращивать растения и не утаптывать почву?)

Александр Скуратович
ais99@mail.ru

Третья редакция статьи исправленная и дополненная 17.02.2013

первая редакция статьи была опубликована в сборнике:
"ТРИЗ-профи: Эффективные решения в сельском хозяйстве". - М.: Кушнир, 2006. №2
и на сайте: <http://www.trizland.ru/trizba/pdf-articles/triz-profvy2/012.pdf>

вторая редакция статьи дополненная была опубликована на сайте:
<http://www.metodolog.ru/01300/01300.html>.

Презентацию «Развитие способов снижения давления на почву» см. Здесь:
<http://www.trizminsk.org/e/20130105.htm>.

[Давить на почву вредно](#)

[Как обрабатывать почву без ее уплотнения?](#)

[СПОСОБ 1: МЕНЬШЕ ДАВИТЬ НА ПОЧВУ](#)

[Шины сверхнизкого давления](#)

[От колеса к гусенице](#)

[Пневматическая гусеница](#)

[Трактор на воздушной подушке](#)

[Линии развития](#)

[СПОСОБ 2: ХОДИТЬ ПО ПРОТОРЕННЫМ ДОРОЖКАМ](#)

[Постоянные колес](#)

[Мостовой трактор](#)

[Мостовое агротехнический комплекс](#)

[Струнный агромост](#)

[Шагающий трактор](#)

[Дирижабль-садовник](#)

[СПОСОБ 3: "СВЕРНУТЬ" АГРОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС](#)

[Вынести "тягач" за пределы поля](#)

[Вынести "тягач" и колеса орудий за пределы поля](#)

[Орудия движутся по полю сами](#)

[СПОСОБ 4: СОКРАТИТЬ КОЛИЧЕСТВО ОПЕРАЦИЙ](#)

[Выполнить нескольких операций за один проход машины по полю](#)

[Перейти к сберегающим технологиям обработки почвы](#)

[Сеять раз в несколько лет](#)

[Не зарывать семена в почву](#)

[Портрет идеального "тягача"](#)

[Выводы](#)

[Литература](#)

* * *

ЛИНИИ РАЗВИТИЯ

[Линия №1. "Моно-би-полисистема"](#)

[Линия №2. "Увеличение степени пустотности"](#)

[Линия №3. "Увеличение степени дробления системы" \(двигателя\)](#)

[Линия №4. "Уменьшение площади следов движителей на поле"](#)

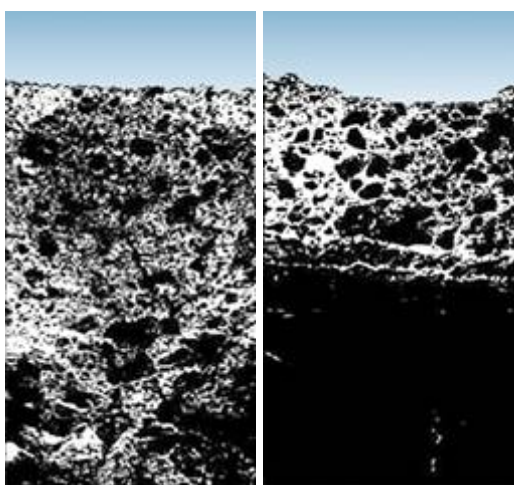
[Линия №5. "Свертывание агротехнического комплекса "тягач + орудие"](#)

[Линия №6. "Увеличение степени идеальности агротехнического процесса"](#)

Давить на почву вредно

Последнее время в специальной литературе появился термин "машинная деградация почв". Он обозначает комплекс вредных последствий, вызываемых колесами, гусеницами и рабочими органами почвообрабатывающих машин. Один из наиболее грозных факторов деградации почв - переуплотнение.

Для того чтобы растения развивались нормально, требуется определенное соотношение между основными частями почвы: твердыми частицами, водой и воздухом. Оптимальной будет такая почва, в которой твердые частицы составляют 50%, вода - 30% и воздух - 20% (см. рис. 1А). Если почва переуплотнена (см. рис. 1Б), урожайность резко снижается. Это объясняется тем, что переуплотненная почва плохо впитывает влагу.



*Рис. 1. Сечения верхних слоев почвы: А) неуплотненной, Б) переуплотненной
Белый цвет - пространство для воздуха или воды. Черный цвет - почва.*

Сечения верхних слоев неуплотненной и переуплотненной почвы наглядно показывают, насколько сокращается пространство для воздуха и воды под действием колес и гусениц сельскохозяйственных машин. Увеличение объема этого пространства оздоравливает почву [1].

"Исследования американских специалистов показали, что уплотнение почв в основных зерносеющих районах США снижает урожай хлебов на 8-13%.

Во многих странах, в том числе и СССР, были поставлены специальные опыты. Они показали, что уплотнение пылевато-иловатого суглинка трактором, колеса которого давят на землю с силой 2 кг/см^2 ... снижает урожайность картофеля более чем на 50%.

Имеются данные, что урожай заметно снижается даже в том случае, когда объемный вес земли увеличивается всего на $0,01 \text{ г/см}^3$ " [2].

"Сегодня нужна техника, основанная на новых научных принципах. Традиционная техника - это 300 кг металла на 1 га пашни. Она ведет к переуплотнению и

деградации почвы. Нужны: реактивные плуги, почволюбивые ходовые системы, вибрационные рыхлители, роторные комбайны, пневмогусеничные тракторы, плоскорезы вместо плугов. В Канаде плуги не применяются с 1963 года. В Голландии применяют мостовое земледелие" [3].

Чтобы сберечь и восстановить плодородие почвы, необходимо научиться выращивать продукты питания без ее разрушения и уплотнения.

В статье дан краткий обзор известных способов решения этой задачи и показаны тенденции развития машин и технологий, позволяющие предсказать новые способы ее решения.

Как обрабатывать почву без ее уплотнения?

Почву разрушают и уплотняют колеса и гусеницы сельскохозяйственных машин: тракторов, комбайнов, грузовиков, сеялок, косилок и т. п. Всю эту технику можно представить как систему для обработки почвы и растений, состоящую из двух частей: орудия обработки (орудие) и машины, которые перемещают эти орудия ("тягач") (см. рис. 2).

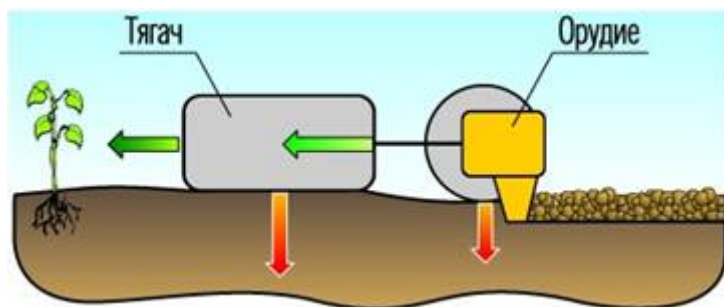


Рис. 2. Система обработки почвы и растений

Главная полезная функция "тягача" - перемещать орудие по полю. Нежелательный эффект, появляющийся при этом - разрушение и уплотнение почвы.

Главная полезная функция орудия - обрабатывать почву, растение. Нежелательный эффект, появляющийся при этом - разрушение и уплотнение почвы.

Главная функция системы "тягач" + орудие - обрабатывать почву и растения в соответствии с заданной технологией выращивания сельскохозяйственной культуры.

В соответствии с законами развития технических систем, описанными в теории решения изобретательских задач (ТРИЗ), основными тенденциями развития являются: постоянный рост параметров главной полезной функции системы и уменьшение факторов расплаты. Факторами расплаты являются разного рода затраты, связанные с выполнением функций системы и нежелательные эффекты, которые при этом проявляются [4, 5].

Рассмотрим эти тенденции для системы обработки почвы и растений "тягач" +

орудие.

Например, для посевного агрегата рост параметров его главной полезной функции выражается в постоянном росте количества секций у сеялки и увеличении ширины захвата - 4, 6, 8, 12, 18 метров.

Постоянное снижение факторов расплаты, связанных с выполнением функций, проявляется, например, в стремлении снизить вредное уплотняющее действие "тягача" и колес орудий на почву.

Стремление разработчиков сельскохозяйственной техники следовать этим тенденциям приводит к противоречивым требованиям. Так, например, чтобы "тягач" мог тянуть широкозахватную сеялку, он должен быть мощным и иметь хорошее сцепление с почвой. Но мощный "тягач" больше весит, а значит сильнее разрушает структуру почвы и сильно уплотняет ее. Чтобы этого избежать, он должен быть легким. Конструктор сталкивается с необходимостью преодолеть противоречие - "тягач" должен быть тяжелым и легким.

Как преодолеть это противоречие? Какие способы предлагались и могут быть предложены?

СПОСОБ 1: МЕНЬШЕ ДАВИТЬ НА ПОЧВУ

Какие существуют пути уменьшения давления на почву?

Самыми очевидными способами являются:

- уменьшение веса машины;
- увеличение площади контакта колеса с почвой.

В первом случае мы сразу сталкиваемся с тем же противоречием: если уменьшить вес трактора, то давление на почву уменьшится, но также ухудшатся его тягово-сцепные свойства. Поэтому, чтобы сохранить тягово-сцепные свойства на уровне, необходимом для выполнения агротехнических операций, приходится использовать большие грунтозацепы и увеличивать площадь контакта колес с почвой. Это достигается за счет спаривания и страивания передних и задних колес, установки колес с широкопрофильными и арочными шинами, снижения давления воздуха в шинах (см. рис. 3, 4, 5).



Рис. 3. Трактор со спаренными колесами [6]



Рис. 4. Трактор со строенными колесами [7]



Рис. 5. Трактор с арочными шинами [8]

Применение спаренных шин снижает удельное давление на почву, что в 1,5-2 раза уменьшает степень уплотнения по следу трактора, повышает проходимость агрегатов при повышенной влажности и увеличивает их тяговое усилие. Это особенно важно в ранние сроки проведения весенне-полевых работ при высоком содержании почвенной влаги [9].

Эти и другие способы снижения давления на почву подробно рассмотрены в статье "Площадь опоры: хорошего колеса должно быть много" [47 с.80]. Здесь будут упомянуты лишь некоторые из них для того, чтобы проследить тенденции развития движителей сельскохозяйственных машин.

Шины сверхнизкого давления

Уменьшить давление колеса на почву можно, увеличив пятно контакта и равномерно распределив давление. Этого можно достичь, снизив давление воздуха в колесе.



Вездеход ТТС-70 на шинах сверхнизкого давления с опрыскивателем

Технические характеристики [10]:

- Производительность, га/час 50
- Размах крыльев, м 20
- Заправочная емкость, л 600
- Давление на почву, кПа 8-13
- Диапазон скоростей, км/ч 10-50

Вездеход ТТС-70

В воронежском ЗАО "Топаз плюс" изготовили легкий и проходимый вездеход ТТС-70 на шинах сверхнизкого давления.

Его шины - оболочки низкого давления 70-150 г/см² диаметром 1,2 метра, так что удельная нагрузка вездехода на грунт в несколько раз меньше, чем у самого экологичного трактора.

Вездеход работает по посевам в низкой фазе без повреждения растений и почвы.

Его рекомендуют применять для полива и подкормки растений, рассыпания ядохимикатов. Он способен работать и сенокосилкой, на него можно установить культиватор-рыхлитель, жнейку.

По расходу горючего ТТС-70 раз в двадцать экономичнее существующих тракторов.

Установка системы глобального позиционирования (GPS) обеспечивает ночную обработку полей без использования сигнальщиков [11].

Всем хорош вездеход ТТС-70, но гладкие колеса не могут создать большого тягового усилия.

От колеса к гусенице

Снизить давление трактора на почву и увеличить его тяговые характеристики можно, если вместо колес использовать металлические гусеницы.



Лучшим отечественным колесным трактором признан К-701. На транспортно-технологических операциях он незаменим. А при обработке почвы, посевах и обработке растений тяжелая машина сильно уплотняет почву, при избытке влаги колесо пробуксовывает до глубокой колеи, разрушая почвенный покров.

Для устранения этого недостатка специалисты из Всероссийского научно-исследовательского проектно-технологического института механизации и электрификации сельского хозяйства предложили оперативно менять колесо

на гусеницу. Операция замены занимает не более 5 часов. Никаких особых приспособлений и навыков не требуется. Гусеница может быть металлической или резино-тросовой.

Новинка испытана в 2002 году на полях колхоза им. Ворошилова в Ставропольском крае. С переходом на гусеницу площадь пятна контакта с почвой увеличилась в 4 раза, а удельное давление снизилось вдвое. Уменьшилась в 2 раза и глубина колеи на паровом поле [12].

Но металлическая гусеница тоже не решает всех проблем, у нее есть свои недостатки:

- разрушает покрытия дорог при переезде с одного поля на другое;
- передает вибрации от двигателей и механизмов почве, от чего она сильно уплотняется;
- неравномерно распределяет давление по пятну контакта с грунтом - это вызвано тем, что вертикальная нагрузка от каждого катка передается на грунт практически через один трак и в результате статические давления в зоне контакта гусеницы возрастают в несколько раз (см. рис. 6) [13, с. 99-100].

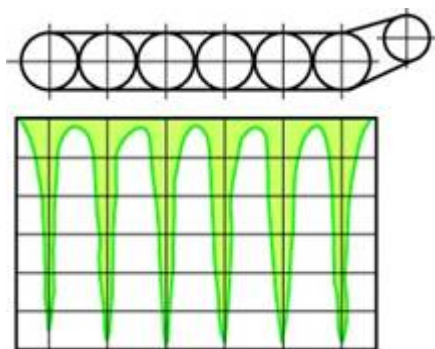


Рис. 6. Распределение давления в металлической гусенице трактора

Чтобы защитить покрытия дорог от разрушения и снизить влияние вибрации на почву, было предложено сделать гусеницу резиновой. Она более равномерно распределяет давление по опорной поверхности, что уменьшает деформацию, уплотнение и разрушение почвы.

Современные тракторы оснащаются литыми резино-тросовыми гусеницами с автоматическим натяжением. Они обеспечивают высокую тягу при работе на грязи и рыхлой почве, а плотный контакт с поверхностью обеспечивает устойчивость трактора (см. рис. 7).



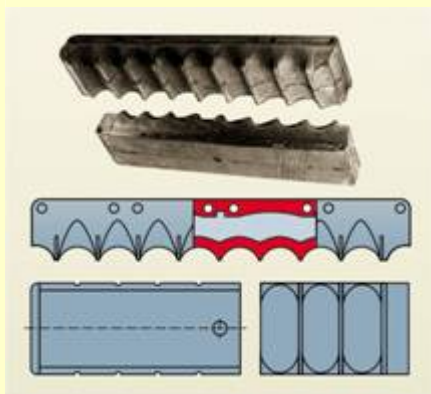
Рис. 7. Трактор с резинокордовой гусеницей [14]

Пневматическая гусеница

Чтобы еще уменьшить давление на почву и сделать его более равномерным, было предложено объединить хорошее поглощение вибрации пневматическим колесом с большой площадью контакта у гусеницы. Получилась резиновая пневматическая гусеница.

Резиновая пневматическая гусеница состоит из отдельных пневмоэлементов. Каждый пневматический элемент представляет собой резино-кордную оболочку, наполненную воздухом и состоящую из силового пояса, армированного металлокордом, и пневматического баллона с развитой опорной поверхностью с грунтозацепами. Подкачка воздуха в элемент в процессе эксплуатации и контроль давления воздуха осуществляются через стандартный вентиль, устанавливаемый в каждый элемент. Величина внутреннего давления воздуха по допустимым величинам вертикальных прогибов находится для разных машин в диапазоне 1,5-2,2 кгс/см².

Резино-пневматическая гусеничная лента была испытана в нескольких вариантах на гусеничных снегоболотоходах и сельскохозяйственных тракторах.



Исследования показали, что пневматическая гусеница по сравнению с металлической обладает рядом существенных преимуществ [15]:

- Значительно более равномерная эпюра давления движителя на полотно пути.
- Меньшее повреждение и уплотнение почвы.
- Тяговое усилие машины на пневмогусеницах увеличивается в 1,4-1,8 раза.
- Сопротивление движению машины на пневмогусеницах при движении по слабым грунтам уменьшается в 1,2-1,5 раза.

- Применение пневмогусеницы позволяет машине передвигаться по дорогам с усовершенствованным покрытием без его повреждения.



Трактор Т-54С-ПП



Трактор Т-150ПП

В период с 1976 по 1978 годы в отраслевой научно-исследовательской лаборатории вездеходных машин были разработаны и исследованы пневмогусеничные движители для тракторов Т-54С и Т-150ПП [16].

Сравнительные испытания показали, что:

- максимальные напряжения в почве под катками трактора Т-54С-ПП на 30-40% меньше, чем у трактора Т-70С (аналог) на всех режимах движения;
- общее уплотнение почвы по следам Т-54С-ПП и Т-150-ПП меньше, чем по следам Т-70С и Т-150 соответственно на 23,9 и 28,3%.

Применение пневматических гусениц на транспортных средствах приводит к значительному снижению уплотняющего и разрушающего воздействия движителя на почву [13, с. 103].

Это подтвердил в 1980 году отдел ходовых систем Всесоюзного института механизации результатами испытаний в Армавирской опытной станции [15].

Проведенные испытания показали, что эпюры давлений вдоль опорной поверхности пневматической гусеницы так же, как и в движителе с металлической гусеницей, являются неравномерными, но величина давления и неравномерность намного ниже (см. рис. 8).

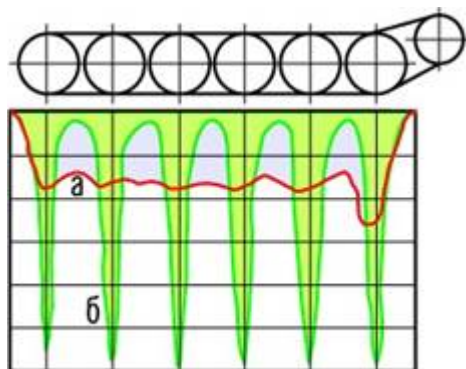


Рис. 8. Распределение давлений: а - в пневматической гусенице; б - в металлической гусенице трактора

Аналогичные результаты были получены на сравнительных испытаниях трактора ДТ-

75Б с металлической гусеницей и трактора "Руслан" с пневматической гусеницей (см. рис. 9).



Гусеничный трактор ДТ-75Б



Пневмогусеничный трактор "Руслан"

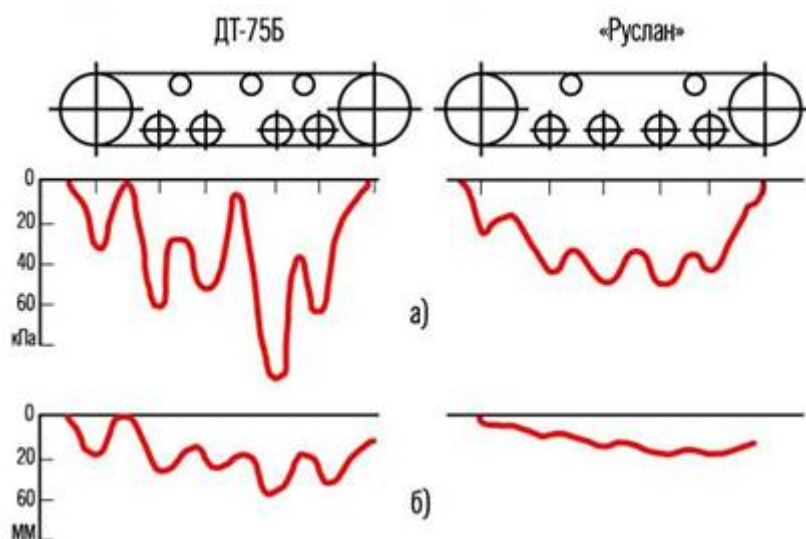


Рис. 9. Эпюры нормальных контактных давлений (а) и осадки торфяной залежи (б) под гусеницами трактора ДТ-75Б и пневматическими гусеницами трактора "Руслан" [13, с. 102]

Проведенные исследования показали, что пневматический движитель наиболее полно отвечает требованиям, предъявляемым к движителям сельскохозяйственных машин с точки зрения снижения уплотняющего воздействия на почву при увеличении тягово-сцепных характеристик и снижения металлоемкости движителя и машины в целом [13, с. 104].

Однако и у пневматической гусеницы есть недостатки:

- по сравнению с металлической гусеницей:
 - возможность проколов;
 - низкие тяговые качества на скользких покрытиях;
 - чувствительность к низким температурам воздуха;
 - низкая ремонтпригодность;
- по сравнению с автомобильным колесом:
 - более сложная конструкция движителя;
 - высокие потери мощности при перемещении по твердым дорогам;
 - относительно низкий срок службы ходовой части.

Сегодня пневматические гусеницы нашли применение на тихоходных машинах, предназначенных для работы на топких грунтах - снегоболотоходы, вездеходы, экскаваторы [17].



Тяжелый снегоболотоход с крано-манипуляторной установкой ТТМ-6901 ГМ [18]. Плавающая машина оснащена крано-манипуляторной установкой ИФ300С-15. Предназначена для погрузки, разгрузки и доставки различных грузов в условиях бездорожья, включая болота всех типов и снежную целину без ограничения глубины снежного покрова, сыпучие пески и открытые водоемы.

Снаряженная масса, кг	20600
Масса перевозимого груза, кг	4000
Среднее давление на грунт, кг/см ² (пневмотраки шириной 1260 мм)	0,2
Максимальная скорость, км/ч	18
Максимальная скорость на плаву, км/ч	5
Количество мест в кабине	3

Трактор на воздушной подушке

"Изобретатели... стремятся объять необъятное: до невозможной степени увеличить площадь контакта опорных поверхностей трактора с землей и снизить тем самым давление на нее.

"В идеале" эту задачу можно решить двумя путями:

- либо создать что-то очень близкое настоящей живой гусенице;
- либо вовсе отказаться от опоры.

Безопорный трактор на воздушной подушке еще не получил официального, всеми признанного названия. В Польше, например, его окрестили "воздушковец", во Франции - "агроплан". Применяют подобные машины и в США, и у нас, и в ряде других стран. Пока только в экспериментальных целях. Но результаты уже вполне солидны.

Польский воздушковец, например, на операциях химической защиты растений двигается над полем с недостижимой для обычных тракторов скоростью - 50 км/час.

Французский агроплан по обычным дорогам едет на обычных колесах; воздушная подушка включается только по необходимости - над болотом, например. В последнем случае агроплан весом в три тонны (вместе с грузом) развивает скорость до 20 км/час.

Что касается копирования способа движения "настоящей" гусеницы, то здесь пока нечем хвастаться. Конструкции, рождающиеся на чертежных столах и в экспериментальных цехах заводов, слишком сложны, чтобы конкурировать с традиционным тракторным движителем" [2].



Вездеход на воздушной подушке

В омском ООО "АРКТИКА-М" был разработан вездеход на воздушной подушке, предназначенный для перевозки пассажиров и грузов в тех местах, где невозможно применение иного вида транспорта, кроме вертолетов.

В отличие от вертолета, он в десятки раз дешевле, превосходит вертолет по запасу хода, грузоподъемности, машине не нужны аэродромы, практически полная независимость от состояния погоды, времени суток и года.

Вездеход предназначен для контроля магистральных трубопроводов, удаленных буровых установок, перекачивающих и дожимных станций, линий электропередачи. Может использоваться геологами,

работниками сельского хозяйства.

Вездеход отвечает всем экологическим нормам и не нарушает трудно восстанавливаемый покров тундры, оказывая давление воздушным потоком не более 12 гр/см² [19].

Линии развития

Показанные здесь способы уменьшения давления на почву позволяют проследить несколько линий развития движителей сельскохозяйственных машин, совпадающих с линиями развития технических систем, описанных в ТРИЗ [4, 5, 20]:

Линия №1. "Моно-би-полисистема"

(см. рис. 10):

- одно колесо на конце оси оказывает большое давление на грунт;
- два колеса на конце оси - меньше давление на грунт, но наблюдается сильное сдавливание грунта между колесами;
- три колеса на конце оси - еще меньше давление на грунт, но сохраняется сдавливание грунта между колесами, машина занимает много места на дороге и на стоянке;
- арочная шина - малое давление на грунт, нет сдавливания грунта между колесами.

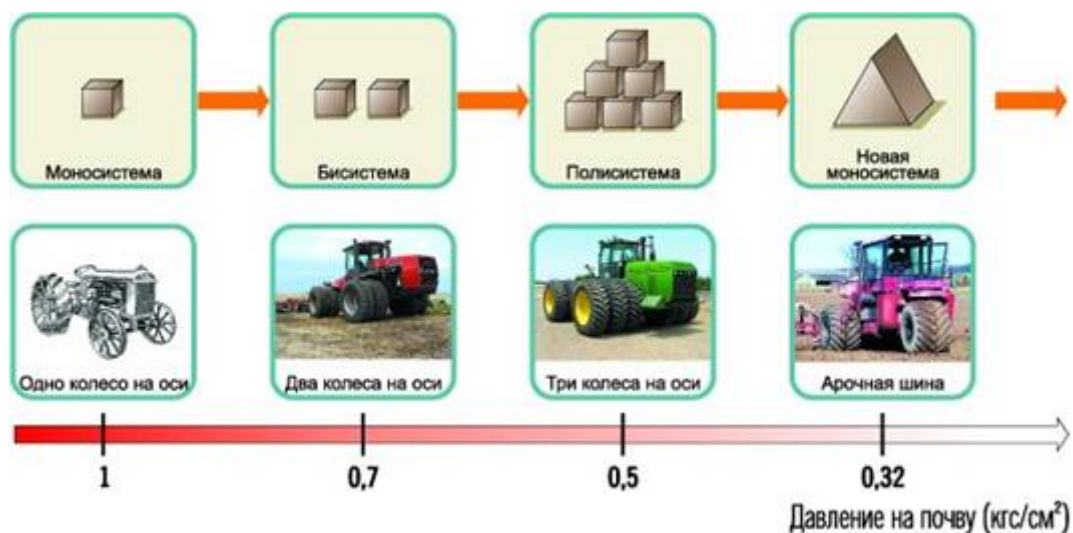


Рис. 10. Развития колесного движителя по линии "Моно-би-полисистема"

Линия №2. "Увеличение степени пустотности"

(см. рис. 11):

- одна полость;
- несколько больших полостей;
- полые траки гусеницы;
- пенонаполненные траки - гусеница не боится проколов;
- полости траков заполнены веществом, изменяющим их твердость в зависимости от состояния почвы.

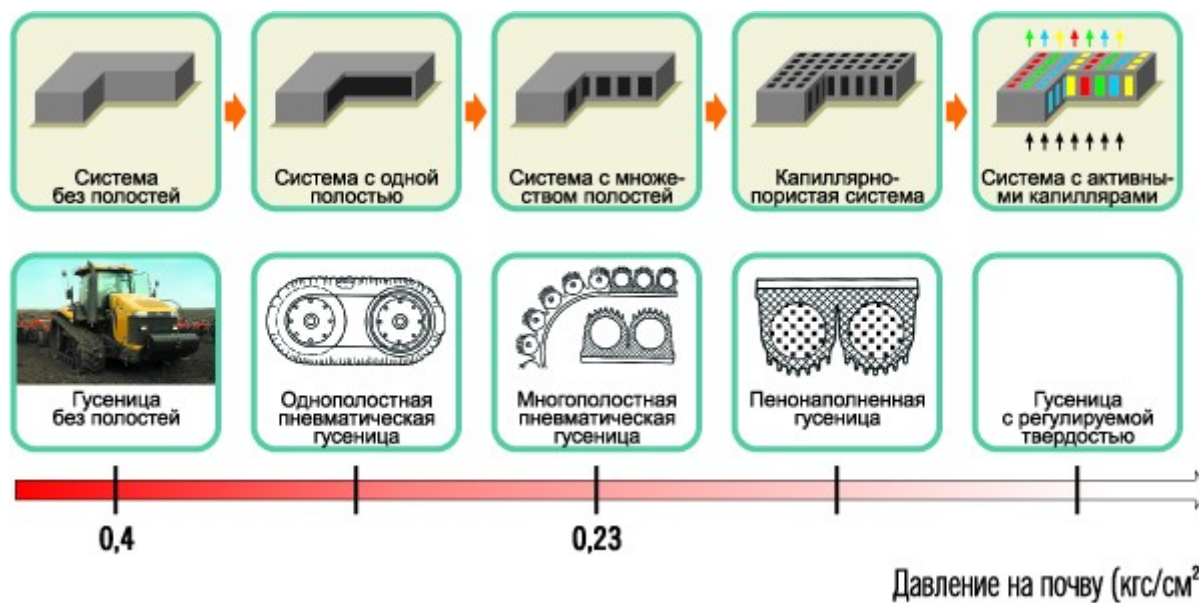


Рис. 11. Увеличение степени пустотности гусеничного движителя

Линия №3. "Увеличение степени дробления системы" (двигателя)

(см. рис. 12):

- металлическое колесо;
- металлическая гусеница;
- резиновая гусеница;
- пневматическое колесо;
- пневматическая гусеница;
- поток воздуха - воздушная подушка;
- поле - силы выталкивания (сила Архимеда) - дирижабли.



Рис. 12. Развитие двигателя по линии увеличения степени дробления

Согласно линии развития технических систем в направлении увеличения степени дробления их рабочих органов двигателя следующих поколений должны действовать на микроуровне, быть еще более раздробленными - жидкостными, газовыми или полевыми (см. рис. 12). Некоторые из таких "микроуровневых" двигателей уже существуют в виде экспериментальных машин, моделей, игрушек и фантастических идей. Например, щеточный движитель, вездеходы и суда на воздушной подушке, проект дирижабля-садовника, магнитоплан, антигравитон.

СПОСОБ 2: ХОДИТЬ ПО ПРОТОРЕННЫМ ДОРОЖКАМ

Снизить уплотнение почвы колесами машин можно, если упорядочить движение машин по полям, например, двигаться по постоянным технологическим колеям.

Постоянные колеи

"Давление на почву ног человека и лошади и нынче, и 100 лет назад было одним и тем же - куда большим, чем у трактора и "шлейфа" машин к нему. И, тем не менее, оптимистический прогноз не оправдался: механический сельскохозяйственный привод увеличил интенсивность и частоту воздействия на землю. Сейчас, когда следы

от тракторов, комбайнов, самоходных машин и автомобилей перекрывают практически 100% посевной площади, проблема уплотнения стала особенно серьезной" [2].

На рисунке 13 показана поверхность поля, обнаженная после эрозии верхних слоев почвы. На поле видны следы от колес машин, образованные уплотненной почвой. Следы показывают, что глубокому уплотнению подверглось около 80% площади поля [1].



Рис. 13. Следы сельскохозяйственных машин на поле

Считают, что решить проблему уплотнения почвы можно, если снизить среднее удельное давление колес на почву до $0,15 \text{ кг/см}^2$. Пока что сделать это, не используя гигантских и не всегда удобных шин, не удастся. Поэтому многие фермеры предпочитают "пробивать" на своих полях "постоянные колеи" и двигаться только по ним, не затрагивая остальную землю [2] (см. рис. 14).



Рис.14. Выгрузка зерна комбайном в грузовик,двигающийся по соседней технологической колее [21]

Земледелие с использованием постоянной технологической колеи или, как его называют зарубежные исследователи, управляемым движением по полям (Controlled Traffic Farming - CTF) - это отделение зон движения от зон возделывания растений. На практике это означает, что:

- одни и те же колесные колеи используются для обработки почвы, посадки растений, опрыскивания и уборки;
- колеса всех тракторов и машин установлены на одну и ту же ширину колеи (см. рис. 15) [22].



Рис. 15. Одинаковая ширина колеи для всех машин

У большинства фермеров, которые не используют движение техники по постоянным колеям, ширины колеи машин разные и двигаются они по полю в разных направлениях, что приводит к покрытию следами колес более 80% площади поля (см. рис. 16) [23].

На рисунке также показана площадь покрытия поля следами колес от машин при переходе от традиционной технологии обработки поля к технологии без вспашки (no-till) и затем к использованию постоянной технологической колеи. Сравнение основано на 3-х метровой ширине колеи машин. Ширины захвата уборочного комбайна, опрыскивателя и культиватора кратны 3 метрам и в данном случае составляют 9 метров. Возможно использование и большего оборудования, например, 15-ти метрового опрыскивателя.

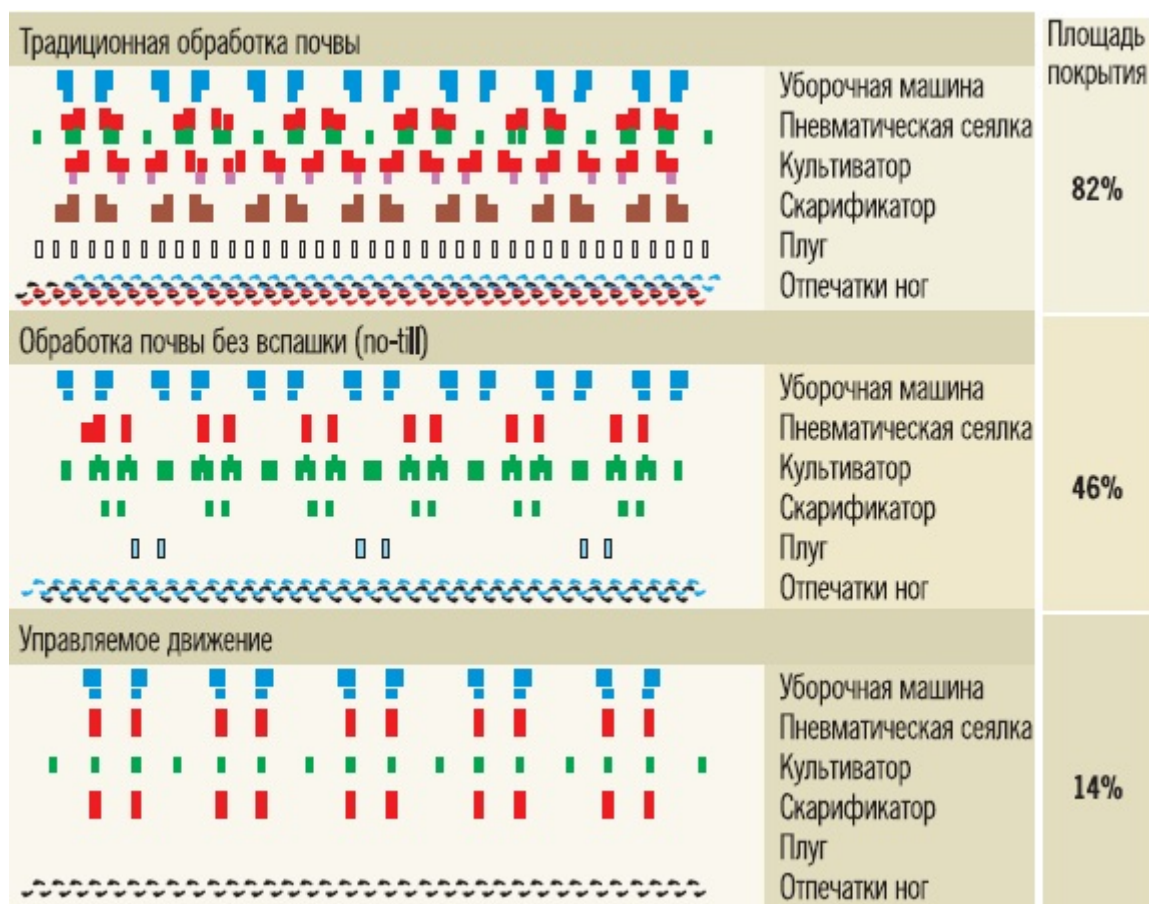


Рис. 16. Площадь покрытия поля следами колес

Переход к технологии no-till, при которой используется меньше агротехнических операций, а, следовательно, и требуется меньше проходов техники по полям, сокращает площадь следов машин на поле до 46%. Использование постоянной технологической колеи и настройка ширины колеи у всех машин на один размер позволяет сократить площадь следов на поле до 14%.

В Австралии примерно 1 млн. гектаров обрабатывается с использованием технологии управляемого движения по полям [21].

Вот что говорит об использовании технологической колеи специалист по вопросам уплотнения почв из Австралии Рохан Рэйнбоу: "На самом деле проблема уплотнения почвы очень проста, и решить ее не сложно, важно понять главное: выбор техники никакой существенной роли в этом вопросе не играет. Все зависит от того, как вы располагаете машину на поле, как она перемещается по нему.

Идеальное расположение трактора - когда два колеса находятся на расстоянии 2-3-х метров от его центральной оси и перемещаются по одной колее (см. рис. 17). То же касается и остальной техники, движущейся по полю, - колеса должны идти "след в след" по единственной колее. Это кажется очень легко, но очень многие фермеры ставят колеса в разные места и, как следствие, возникают проблемы. Есть еще одна тонкость: важно, чтобы распылитель был в несколько раз шире, чем сеялка, таких же размеров стоит подбирать и комбайн. ...Хочу подчеркнуть, что уплотнение почвы - это проблема фермеров, а не техники, важно просто понять это и действовать" [24].



Рис. 17. Трактор с увеличенной длиной колесных осей

Система земледелия с постоянной технологической колеей обладает следующими преимуществами:

- ниже стоимость выполнения агротехнических операций из-за уменьшения потребления топлива, затрат времени и труда, экономии на семенах, опрыскивании и удобрении, 10-25% экономии может быть получено сразу;
- меньше эрозия почвы, и она лучше удерживает влагу, что обеспечивается правильно выбранным направлением рядов;
- позволяет проводить междурядную посадку растений, их культивацию и подкормку удобрениями;
- сочетается с нулевой обработкой почвы и дает возможность получить максимальную прибыль от нее;
- улучшает управление точными сельскохозяйственными орудиями и системами;
- выше производительность.

Даже во время культивации можно ожидать 50%-ной экономии топлива от использования постоянной технологической колеи. Потери урожая от незасаженных колеей зависят от расстояния между ними. Но урожайность на "нетоптанных" площадях выше [23].

Комбайн, модифицированный под систему земледелия с технологической колеей, движется быстрее, чем по обычному полю, и, имея лучшее сцепление с почвой, потребляет меньше топлива (см. рис. 18) [21].



Рис. 18. Комбайн на технологической колее.

Можно еще больше снизить площадь покрытия поля следами колес, если увеличить расстояние между технологическими колеями.

Мостовой трактор

История мостового (портального) трактора началась в 1855 году, когда англичанин Александр Халкотт создал порталную машину на рельсах, в которой он видел средство применения энергии пара для всех сельскохозяйственных операций. Но серьезные работы по исследованию таких машин начались только через 100 лет и особенно активизировались в последние два десятилетия [25].

Разработкой порталных тракторов занимались в США, Великобритании, Швеции, Голландии, Израиле, Японии, Австралии. В СССР тоже проводились подобные работы, упор делался на использование машин с электроприводом как на поле, так и в теплицах, а машины с гидравлическим приводом применялись для полива и внесения химикатов.

В 1975 году свой первый мостовой трактор построил Дэвид Доулер. Это четырехколесный трактор с пролетом 12 метров и поворотными колесами, обеспечивающими ему высокую маневренность. Мостовой трактор передвигается по постоянным колеям, расположенным на расстоянии, равном его пролету. Движение трактора в продольном направлении обеспечивается поворотом главных ведущих колес на 90 градусов (см. рис. 19).



Рис. 19. Мостовой трактор Доулера начала 1990-х

Исследования, проведенные в Австралии и Великобритании с мостовым трактором Доулера, движущимся по технологическим колеям, показали, что стоимость посева культур снижается на 40%, экономия энергии при обработке почвы достигает 55%, значительно улучшается качество обработки и структура почвы.

Мостовой трактор Доулера, управляемый системой лазерного наведения, используется также в Голландии для выполнения высокоточных полевых операций.

Внедрение мостовых тракторов приносит следующие выгоды:

- минимизируются потери площади из-за прохождения техники;
- автоматизируется выполнение агротехнических операций;
- достигается высокая точность позиционирования орудий;
- снижается повреждение урожая;
- улучшается обработка почвы.

Однако пока имеется мало данных об урожаях культур на больших площадях, где постоянно поддерживался режим движения техники по технологическим колеям [25].

Длина пролета мостового трактора может быть от 3 до 21 метра и определяется особенностями выращиваемой культуры, ограничениями на размеры транспортных средств и стоимостью. В Израиле с 1996 года эксплуатируется трактор с шириной пролета 5,8 метра и высотой дорожного просвета 1,8 метра с четырьмя ведущими колесами (см. рис. 20).



Рис. 20. Мостовой трактор с шириной пролета 5,8 метра

Чем длиннее пролет мостового трактора, тем больше требуется площади на краю поля для его разворота. На рисунке 21 изображено поле для посева, схема движения и примеры разворотов мостового трактора на поворотной полосе [26].

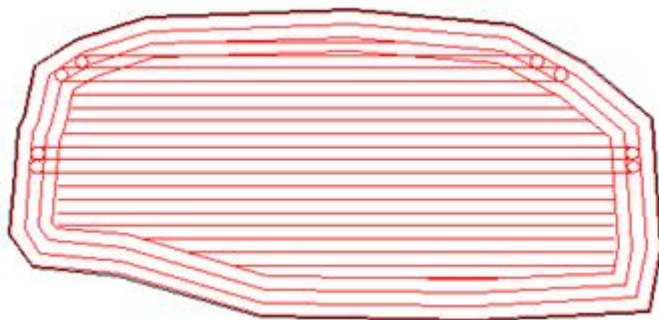


Рис. 21. Схема движения и разворотов мостового трактора на поле

Чтобы начать эксплуатацию мостового трактора, следует предварительно выровнять почву.

Тяговое усилие у мостового трактора низкое, и его выгодно применять при технологии no-till, где нет таких энергоемких операций, как отвальная вспашка почвы. Минимальная энерговооруженность мостового трактора с приводом на два колеса должна быть 15 кВт/т. Смещение нагрузки от центральной линии трактора не влияет на стабильность его управления при наличии достаточного тягового усилия на колесах.

При работе на мостовых тракторах водителю должна быть обеспечена хорошая видимость колеи. Должны быть предусмотрены:

- средства управления машиной в продольном направлении,
- ограниченное выступание частей машины за пределы колеи,
- устройство для обеспечения различной скорости вращения колес.

В Швеции компании TЕС и Biovelop АВ разрабатывают мостовой трактор под названием BIOTRAC с 4-мя ведущими управляемыми колесами, предназначенный для точного земледелия с управляемым движением по технологическим колеям и системой глобального позиционирования GPS (см. рис. 22) [26].



Рис. 22. Шведский мостовой трактор BIOTRAC

Опыт применения мостовых тракторов в зерновых хозяйствах, показал, что они могут быть использованы в качестве замены или дополнения к существующим тракторным системам и приводят к повышению урожайности зерновых на 7% [25].

Если еще больше увеличить длину пролета мостового трактора, то получим стационарный агротехнический мост.

Мостовой агротехнический комплекс

"В свое время проекты мостового земледелия предлагали англичанин Халкотт, наши соотечественники М. Правоторов, К. Борин, поляк Б. Свецкий и др.

Автоматизированный мостовой агротехнический комплекс (АМАК) - это самоходный завод, а АМАК-система - это сельскохозяйственное автоматизированное и полностью электрифицированное предприятие, предназначенное для массового гарантированного производства продуктов земледелия на больших окультуренных угодьях равнинного типа (см. рис. 23).

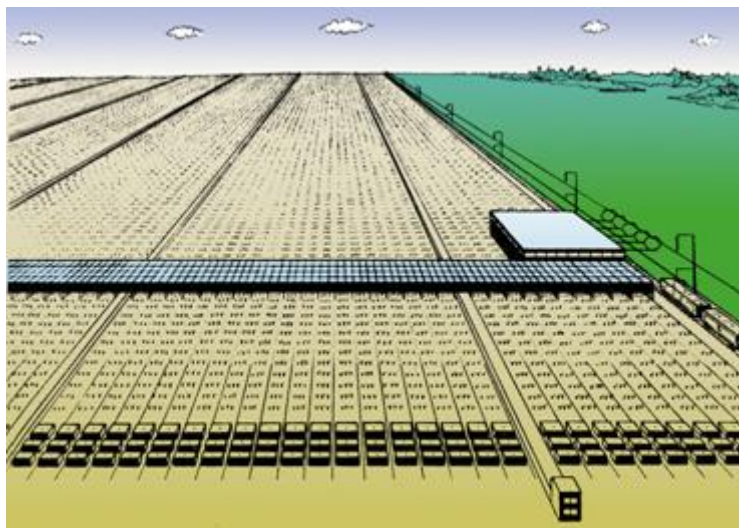


Рис. 23. Автоматизированный мостовой агротехнический комплекс

В чем АМАК-система более эффективна по сравнению с обычной тракторной?

При производстве одинакового по количеству и качеству целевого продукта (зерна, овощей, кормовых культур и т. п.), АМАК-система будет потреблять существенно меньше ресурсов, совсем не будет загрязнять окружающую среду и... улучшит качество земли.

В 1,5 раза меньше понадобится... семян, воды и площади активных угодий за счет повышения урожайности, ведь не будет переуплотнения почвы ходовыми частями тракторов, комбайнов, автомобилей и прицепленных агрегатов.

Какие нужны капитальные вложения чтобы построить первую опытную АМАК-систему?

Тут все зависит от цели. Если цель - убедиться в ее работоспособности и ограничиться ста гектарами активного угодья, достаточно 50-100 млн. рублей. Если цель - убедиться в ее эффективности по сравнению с тракторной и получать, ... 1-2 миллиона тонн зерна ежегодно, необходимо 1-2 млрд. рублей" (в ценах 1990 года - А.С.) [27].

"Преимущества агропостового комплекса:

1. своевременное выполнение агротехнических мероприятий независимо от погодных условий и времени суток (в срок);
2. ...программирование урожаев с их повышением до максимального биологического предела за счет координатного посева (посадки) и ухода за растениями, обеспечивающих возможность устранения пестроты плодородия почвы и оперативной локализации очагов поражения посевов болезнями и вредителями;
3. исключение загрязнения природной среды ядохимикатами, нефтепродуктами и их отходами;
4. сокращение расходов воды, семян, удобрений, металла и энергии на единицу продукции;
5. исключение потребности в жидком топливе за счет применения централизованного электроснабжения;
6. переработка по безотходным технологиям собранного урожая в готовую для реализации конечную продукцию;
7. высвобождение людей с полевых работ за счет автоматизации и роботизации технологических процессов;
8. повышение престижа крестьянского труда" [28].

Есть у агропостового комплекса и свои недостатки: "Земледелие привязано к рельсовым путям, почва уплотняется в местах укладки рельсов. Но... расстояние между рельсами можно делать намного больше, чем колея трактора: 20-30 м и даже 50-150 м, а возможно и еще больше.

Главная причина, почему пока мостовое земледелие остается проектом, - это огромные денежные (*стартовые* - А.С.) затраты, очень большой расход металла" [29].

Линия №4. "Уменьшение площади следов движителей на поле"

Анализ взаимодействия сельскохозяйственных машин с полем по параметру "площадь оставляемых на поле следов" позволяет увидеть тенденцию уменьшения площади покрытия поля следами машин.

Эта тенденция хорошо согласуется с описанной в ТРИЗ линией развития зоны взаимодействий инструмента с изделием "действие по точке - действие по линии - действие по плоскости - действие по объему" [20, 30]. Эта линия показывает, что зона полезного действия в процессе развития технических систем имеет тенденцию к расширению от точки к линии, от линии к плоскости, от плоскости к объему. А зона вредного действия - соответственно наоборот (см. рис. 24).



Рис. 24. Линия развития зоны взаимодействий "Точка - линия - плоскость - объем"

Для вредного действия движителей машин на поле наблюдается та же тенденция - с развитием машин и технологий уменьшается площадь покрытия поля следами машин.

1. Традиционная технология обработки почвы: много агротехнических операций выполняется множеством разных машин. Вредное действие движителей машин распространяется почти на всю поверхность поля. Площадь покрытия поля следами составляет более 80%. На линии развития зоны взаимодействий это соответствует "действию по поверхности".
2. Технология нулевой обработки почвы (no-till) - меньше операций, меньше машин и, как следствие, меньше следов за счет меньшего количества проходов машин по полю. Площадь покрытия поля следами около 46%. По форме совокупность всех следов на поле напоминает неупорядоченную сетку. На линии развития зоны взаимодействий это можно отнести к выборочному "действию по поверхности".
3. Технологию no-till объединили с движением машин по технологическим колеям. Следов на поле стало меньше, а сами следы стали упорядоченными и постоянными. Площадь покрытия поля следами сократилась до 14%. На линии развития зоны взаимодействий это соответствует "действию по линии".
4. Технология no-till + технологическая колея + мостовой "трактор" или мостовой агрокомплекс вместо тракторов и комбайнов. Упорядоченных и постоянных следов стало еще меньше, площадь покрытия поля около 7%. На линии развития зоны взаимодействий это также "действие по линии".

Далее, если продолжить тенденцию уменьшения площади следов на поле, то в соответствии с линией развития зоны взаимодействий можно предположить, что следующее поколение машин будет двигаться по полям, опираясь на постоянные технологические площадки - точки. Прототипами таких машин могут быть струнный агромот и шагающий трактор.

Струнный агромот

Как и в проекте струнного транспорта Юницкого, на обрабатываемом поле можно установить опоры с натянутыми струнами. По струнам будет двигаться балка с прикрепленными к ней орудиями для обработки почвы и растений. Опоры не будут занимать много места, и вся остальная площадь поля останется "нетоптанной" (см. рис. 25).



Презентация модели СТЮ (масштаб 1:5) послу Филлипин в России, апрель 2001 года

Струнный транспорт Юницкого (СТЮ)

СТЮ представляет собой предварительно напряженные рельсы-струны, поднятые на опорах на высоту 5-25 метров. По двум рельсам-струнам движутся четырехколесные транспортные модули.

Благодаря высокой ровности и жесткости струнной путевой структуры легко достижимы скорости движения 250-350 км/ч.

Стоимость струнных магистралей, обеспечивающих пропускную способность более 50 тысяч пассажиров и 50 тысяч тонн груза в сутки, составит \$600-800 тысяч за один километр, а с инфраструктурой и подвижным составом - \$900-1200 тысяч за км. Пока проект СТЮ не реализован [31].

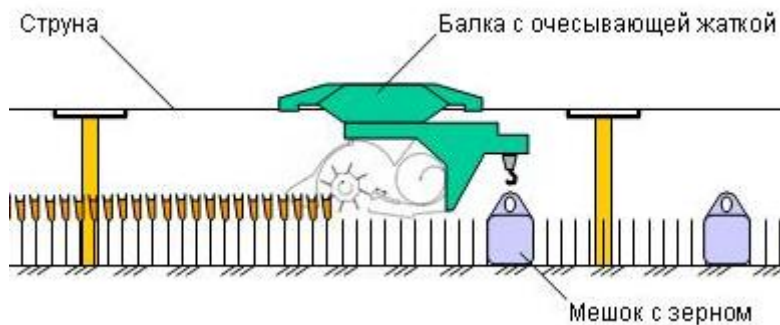


Рис. 25. Струнный агромост

Шагающий трактор

Это управляемый шагающий мостовой робот, несущий на себе сельскохозяйственные орудия (см. рис. 26).



Шагающая машина для работы в лесу [33]

Шагающие машины

Прототипом шагающей машины, опирающейся на постоянные технологические площадки на поле, может служить робот-паук, построенный финским филиалом компании John Deere для лесного хозяйства.

Робот-паук оснащен шестью ногами со сменными подошвами и может равномерно распределять вес между ними.

Робот минимизирует травмирование лесной почвы и разрушение корней деревьев при расчистке и вырубке леса [32].

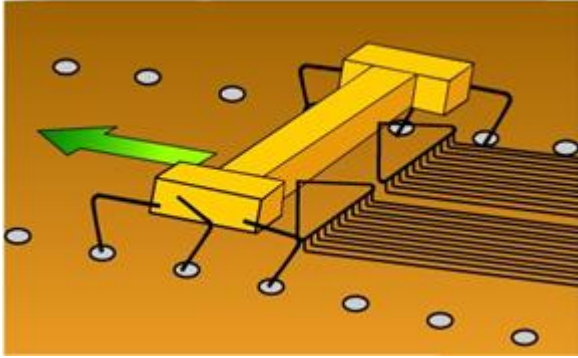


Рис. 26. Шагающий мостовой трактор

Если продолжить линию развития зоны взаимодействий в сторону уменьшения вредного действия, то можно предположить, что вредное действие может быть сведено либо к бесконтактному виду (действие передается через поле - магнитное, гравитационное и т.п.), либо оно исчезает вовсе (см. рис. 27).



Рис. 27. Линия взаимодействий, продолженная в сторону уменьшения вредного действия

Следуя этой модифицированной линии взаимодействий, можно предположить, что машины следующего поколения вообще не будут оставлять следов на поле. И такие машины уже существуют - это вездеходы на воздушной подушке и летательные аппараты.

Дирижабль-садовник



Дирижабль SkyCat может тушить пожары

Прототипом идеи применения дирижабля в сельском хозяйстве может служить проект калифорнийской компании Wetzone Engineering, в котором предлагается использовать дирижабли для тушения лесных пожаров, распыления удобрений и восстановления лесов.

Разработчики считают, что дирижабли смогут нести до миллиона литров воды, сбрасывая ее разными способами на горящий лес [34].

Дирижабли подходящей грузоподъемности (серия SkyCat) строит британская компания Advanced Technologies Group Ltd. [35].

Дирижабли будут выливать миллион литров воды на пожарище, а потом бомбить его саженцами деревьев. Посадка деревьев является медленным и затратным процессом, поэтому компания Wetzzone Engineering предложила воздушный метод восстановления лесных массивов.

Саженьцы деревьев или рассада растений упаковывается в саморазлагающиеся пакеты конусообразной или округлой формы, содержащие необходимое количество влаги и питательных веществ (см. рис. 28). Выбранный район подвергается бомбардировке этими пакетами, что и оптимизирует восстановление лесных массивов. В настоящее время специалисты из Wetzzone Engineering работают над созданием опытных образцов [34].



Рис. 28. Бомбардировка пожарища пакетами с саженцами [35]

В России тоже задумываются о применении дирижаблей для нефтегазовых предприятий и сельского хозяйства. Дирижабли тратят меньше горючего, чем самолеты и вертолеты, поскольку и так держатся в воздухе и не требуют аэродрома. Например, руководство компании "Славнефть" считает, что использовать дирижабли дешевле, чем строить дороги с твердым покрытием между буровыми вышками. Кто знает, может лет через пятьдесят дирижабли могут быть задействованы и в сельском хозяйстве хотя бы для химической обработки полей с воздуха, чем когда-то занимались многоцелевые бипланы "АН-2" [36].

Итак, 4-ю линию развития сельскохозяйственных машин можно сформулировать в следующем виде: машины развиваются в направлении уменьшения площади следов их движителей на поле (см. рис. 29).

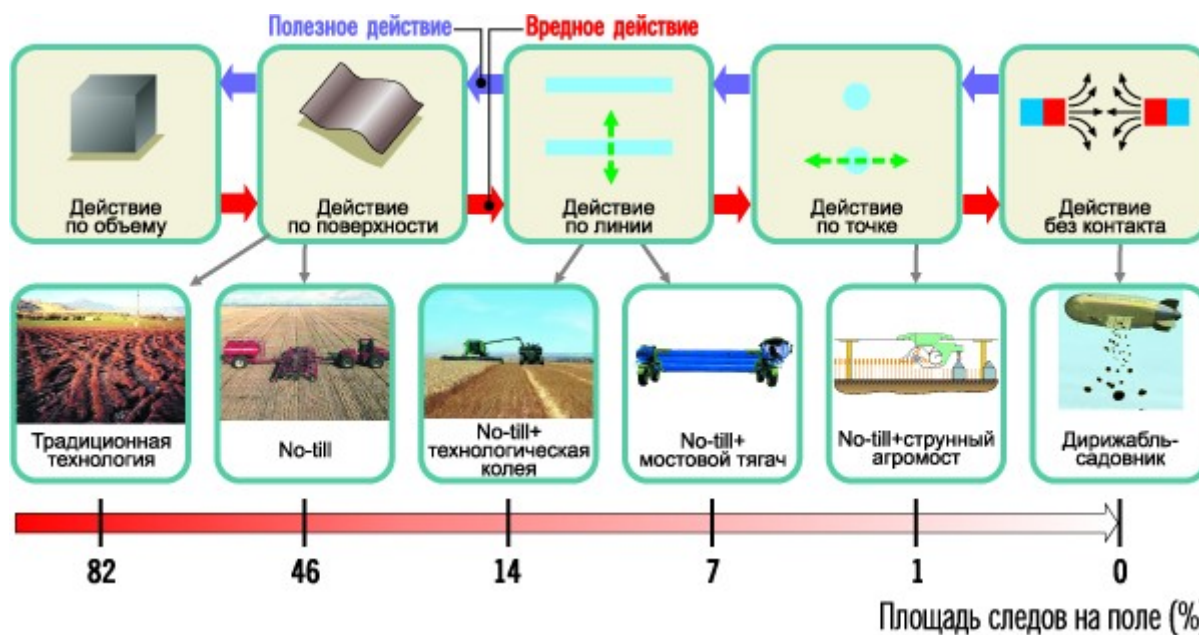


Рис. 29. Линия уменьшения площади следов движителей на поле

СПОСОБ 3: "СВЕРНУТЬ" АГРОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

Вынести "тягач" за пределы поля

Выше было сформулировано противоречие для "тягача" (трактора): "тягач" должен быть тяжелым, чтобы хорошо сцепляться с почвой и развивать большое тяговое усилие, и должен быть легким, чтобы не уплотнять почву. Это противоречие можно преодолеть, используя изобретательский прием "Принцип вынесения".

Принцип вынесения:

отделить от объекта "мешающую" часть ("мешающее" свойство) или, наоборот, выделить единственно нужную часть (нужное свойство) [4, с. 91].

Этот прием позволяет разделить противоречивые требования к "тягачу" в пространстве. От "тягача" можно отделить и вынести на край поля тяжелую часть, которая уплотняет почву, а на поле оставить только нужную часть - ту, что передает тянущую силу к орудию, это может быть цепь или трос. Такую систему под названием "самодвижущийся паровой плуг" предложил в конце XIX века основатель Немецкого сельскохозяйственного общества (DLG) агроинженер Макс Айт (см. рис. 30) [37, 38].



Рис. 30. Самодвижущийся паровой плуг Макса Айта

Вынести "тягач" и колеса орудий за пределы поля

Можно еще больше снизить уплотняющее действие на почву, если вынести за пределы поля не только "тягач", но и опоры сельскохозяйственных орудий (см. раздел "Мостовое земледелие").

Орудия движутся по полю сами

Идеальный "тягач" - это отсутствующий "тягач". "Тягач" не нужен, если орудие перемещается по полю само.

Один из возможных вариантов: "Интересный эффект может быть получен при использовании эффектов на уровне микроструктуры материала лемеха, например, можно получить техническую систему (ТС), свернутую в рабочий орган - серия лемехов из электрострикционных материалов, настроенных в противофазу, будет двигаться сама, оставляя за собой полосу вспаханной земли.

Конечно, ...эти предложения требуют экспериментальной проверки и конструкторской проработки, но затраты на исследовательские и опытно-конструкторские работы обязательно окупятся, так как они лежат на магистральном пути развития ТС - пути опережающего развития рабочего органа" [39].

Линия №5. "Свертывание агротехнического комплекса "тягач + орудие"

Приведенные примеры демонстрируют линию свертывания агротехнического комплекса "тягач+орудие": у комплекса постепенно уменьшается количество частей, оказывающих вредное действие на почву:

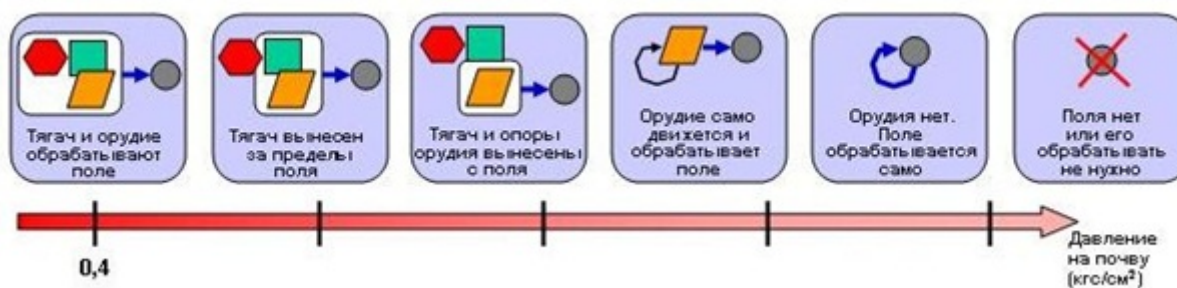


Рис. 31. Линия "свертывания" агротехнического комплекса "тягач + орудие".

- "тягач" отделили от орудия и вынесли за пределы обрабатываемого поля, осталась только связь, передающая энергию орудию;
- опоры орудия вынесли за пределы обрабатываемого поля - агромот опирается на постоянные колеи и держит орудие на весу;
- "тягача" и опор нет - орудие само движется по полю;
- орудия обработки почвы и растений нет, т.к. нет необходимости в выполнении соответствующей агротехнической операции.

СПОСОБ 4: СОКРАТИТЬ КОЛИЧЕСТВО ОПЕРАЦИЙ

Если попытаться сократить количество агротехнических операций без ущерба для качества и урожайности выращиваемой культуры, то уменьшится количество проходов техники по полю, а значит, и ее уплотнение. Какие есть способы сокращения операций?

Выполнить нескольких операций за один проход машины по полю

Задача предпосевной обработки почвы - создать благоприятные условия для прорастания семян и развития корневой системы, равномерного распределения питательных веществ в зоне расположения основной массы корней и обеспечить минимальные потери влаги.

Для достижения поставленной задачи необходимо разрыхлить почву, раздробить глыбы, создать мелкокомковатую структуру, выровнять и уплотнить верхний слой почвы. Это можно сделать путем многократной обработки почвы однооперационными орудиями, культиваторами, боронами и волокушами-выравнивателями, планировщиками, дисковыми орудиями, различными катками. Но при этом возникает ряд проблем: дополнительный расход энергоресурсов (топлива, рабочей силы) и средств на приобретение сельскохозяйственных машин, потери влаги при каждой дополнительной обработке, увеличение сроков подготовки почвы для посева, чрезмерное уплотнение почвы.

Применение современных комбинированных агрегатов дает возможность совместить различные технологические операции и ускорить подготовку почвы к посеву. Это позволяет провести сев в оптимально короткие сроки, обеспечивает работу посевного агрегата на повышенных скоростях (без ущерба качеству), что в итоге в 1,5-3 раза повышает производительность агрегата, на одну треть сокращает затраты труда, расход ГСМ - на 30-39%. Обеспечиваются равномерные и дружные всходы и

ускоренный стартовый рост растений, повышается урожайность.

Для изготовления одного комбинированного агрегата требуется на 20-30% меньше металла, чем для изготовления нескольких однооперационных орудий. Рентабельность производства зерна возрастает на 18,8-26%.

В странах с высокоразвитым сельским хозяйством давно отказались от многооперационных технологий предпосевной обработки почвы и большое внимание уделяют уменьшению общего количества операций по обработке почвы, замене многократных предпосевных обработок однократной многофункциональной операцией. Почти повсеместно применяют комбинированные технологические агрегаты для подготовки почвы к посеву (см. рис. 32). Осуществляется переход к минимальной обработке почвы [40].

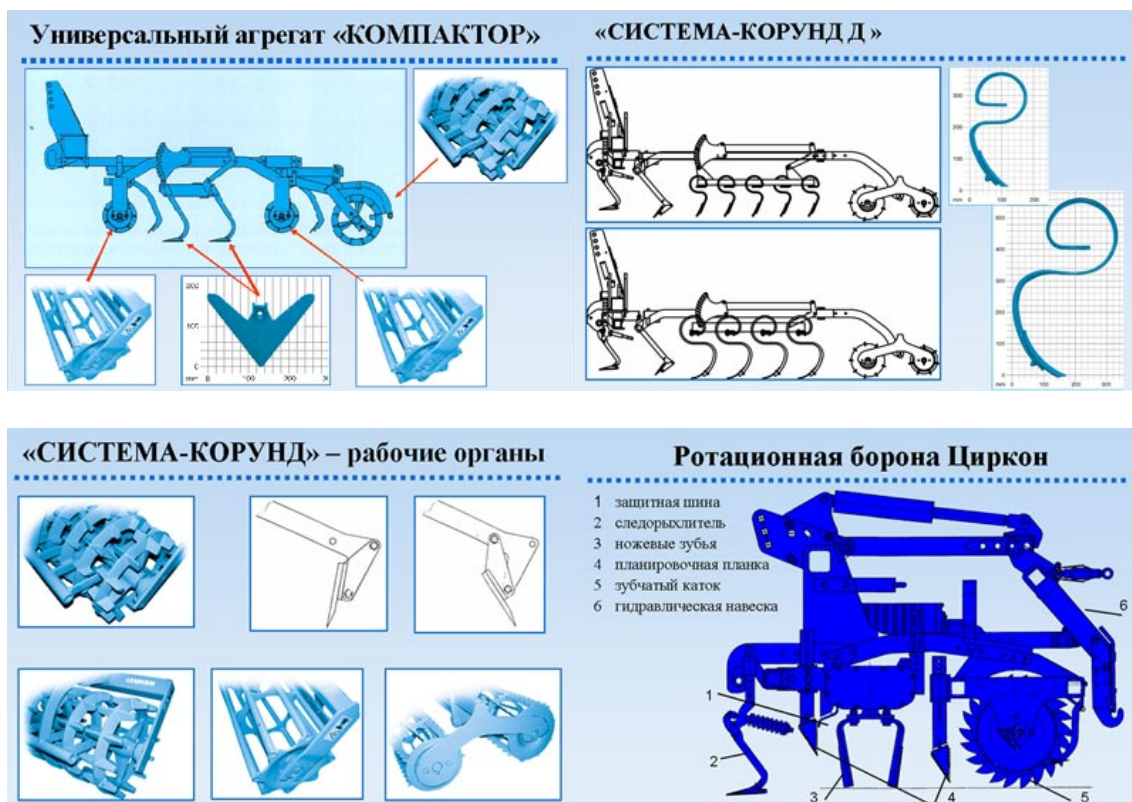


Рис. 32. Пример комбинированных агрегатов для подготовки почвы к посеву.

Перейти к сберегающим технологиям обработки почвы

К сберегающим технологиям обработки почвы, по отношению к традиционной, относят безотвальную, минимальную и нулевую (no-till) (см. статью "Эволюция технологий обработки почвы" [47 с. 62]. Эти технологии подробно рассмотрены в книге "No-till - шаг к идеальному земледелию" [42] и в статье "No-till в России - время пришло?" [47 с. 114].

"Применение технологии no-till является самым радикальным способом для

разуплотнения почв. Этому способствуют следующие факторы и особенности технологии.

1. Значительно снижается число проходов техники по полю. Посевная техника проходит по полю только один раз, за весь сезон машины выходят на поле не более 3-5 раз.
2. Отсутствует вспашка.
3. Почва менее подвержена уплотнению" [42, с. 60].

Преимущества no-till

"При обработке почвы по технологии no-till используется меньше оборудования, чем при обычной традиционной обработке. Для работы по технологии no-till необходима следующая техника: опрыскиватель, сеялка прямого посева (стерневая сеялка) и комбайн с приспособлением для равномерного разбрасывания соломы и растительных остатков" [42, с. 72].

А вот что говорит о преимуществах такой технологии представитель компании "Агро-Союз" Роман Назаренко: "На американских полях, которые уже 34 года не знают плуга, расход топлива на 1 га не превышает 11,4 л за весь агросезон. Если же перед посевом фермеры практикуют культивацию, горючего тратится на 3,6 л/га больше. Всего лишь...

Объяснение этой фантастической по нашим меркам экономии энергоресурсов оказывается предельно простым. ...С переходом на беспашотную систему земледелия на каждые 10 тысяч га посевных площадей требуется только один трактор, один посевной комплекс, один опрыскиватель и три комбайна. Все! При условии, конечно, что вся техника широкозахватная, высокопроизводительная и максимально мощная.

Так, в хозяйстве "Агро-Союза" трудятся 400-450-сильные трактора, 18-метровые сеялки, опрыскиватели с 27-метровой штангой и комбайны с 11-метровыми жатками. И вся эта дорогостоящая техника окупается с лихвой. Только за последние 3 года рентабельность растениеводства в "Агро-Союзе" выросла почти в 6(!) раз" [43].

Сеять раз в несколько лет

Такая необычная технология посева зерновых разрабатывалась в отделе прогнозов научно-исследовательского института сельскохозяйственного машиностроения (ОАО "ВИСХОМ") под руководством Зиновия Жука.

Стреляем зернами

Каждое зерно помещали в специальную оболочку и внешним видом зерна напоминали мелкие конфеты-драже. Такими "конфетами" предполагали "стрелять" в почву раз в два-три года. Стрелять должен был навесной механизм, управляемый электроникой, который подвешивался на самоходную балку тридцатиметровой длины и не имел контакта с почвой.

Когда наступал срок, на балку подвешивали высокочастотный элемент, задача которого по команде электронной системы разрушать оболочку зерен. Тем самым давая им возможность прорасти - каждый год "своему" ряду зерен. А потом, когда придет время, на ту же балку подвешивались другие агрегаты, выполняющие весь цикл работ, вплоть до уборки.

Были спроектированы самоходная балка, высокочастотные элементы для разрушения оболочки зерна и другие навесные орудия [41].

Не зарывать семена в почву

"Масанобу Фукуока, японский фермер, владелец гектара зерновых и 5 гектаров цитрусового сада, где между деревьями, кроме того, выращиваются овощи. К 1975 году, к моменту написания своей знаменитой книги [44], почва на его ферме не вспахивалась уже 25 лет.

Основой своего метода он выбрал принцип "Чего можно не делать".

За многие годы натурально земледелия Фукуока отказался от большинства надуманных агротехник. Он даже рис бросал прямо на землю, используя природный закон размножения, по которому семена из метелки падают сверху почвы - никто их в землю не зарывает. Но вот тут-то его и ожидало приключение. Почти весь семенной фонд уничтожился мышами, воробьями и прочими любителями семян. Если он ставил пугало, то через год оно уже не давало эффекта, ставил трещетки - и через год привыкшие к трещеткам обитатели сада снова поедали все семена. Как решить проблему, никого не убивая и не отпугивая?

Открытие было неожиданно простым, легким и эффективным - семена в глиняных капсулах, рецепт деда Фукуоки. ...Кроме риса, Фукуока заключает в капсулы и семена других зерновых, и семена овощей - результат впечатляет...

Глиняные капсулы просто разбрасываются по поверхности почвы и не требуют никаких дополнительных работ или механизмов... Метод требует ничтожных временных и денежных затрат по сравнению с другими методами посева и суперэффективен на небольших приусадебных участках.

Шарик из смеси глины и биогумуса надежно защищает семена от яркого солнца, высыхания, поедания мышами и птицами, сдувания порывами ветра. Когда выпадет достаточное количество осадков и семена внутри шариков проклюнутся - у них будет сбалансированное питание за счет наличия в смеси микроэлементов и полезных бактерий из биогумуса. Особенно полезна высадка глиняными капсулами в регионах, где выпадение осадков трудно предсказуемо" [45].

Линия №6. "Увеличение степени идеальности агротехнического процесса"

Главная функция любого процесса - получить качественный продукт в требуемом количестве. По аналогии с формулой идеальной технической системы [4, с. 136] можно сказать, что "идеальный процесс - это когда процесса нет, а качественный продукт в требуемом количестве получается". Технологические процессы развиваются в направлении увеличения их идеальности.

Рассмотренные выше способы сокращения количества агротехнических операций показывают, что процессы выращивания сельскохозяйственных культур тоже развиваются в направлении увеличения степени их идеальности (см. рис. 33).

Можно выделить следующие шаги этого развития:

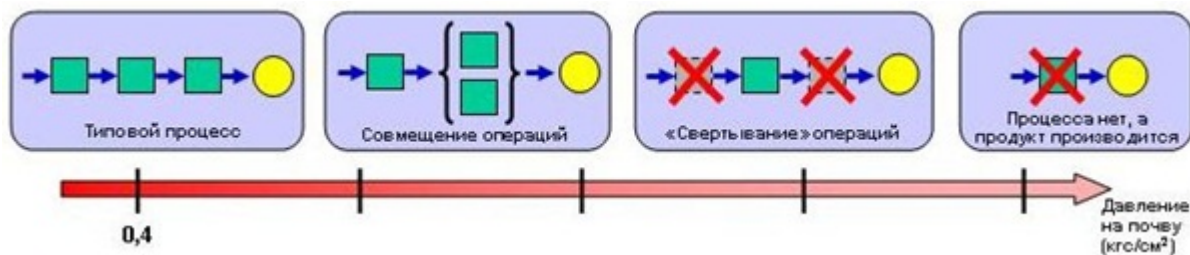


Рис. 33. Линия "свертывания" агротехнического процесса.

- совмещение операций - выполнение нескольких операций за один проход машины по полю;
- сокращение количества операций - "свертывание" процесса выращивания культур:
 - обработка почвы без вспашки (No-till);
 - один посев в несколько лет;
 - рассев семян в капсулах по полю.

Совмещение операций и сокращение их количества снижает число проходов машин по полю и, следовательно, уплотнение почвы. Если продолжить "свертывание" процесса выращивания культур, то нужно рассмотреть возможность устранения оставшихся операций. Дополнительно об этом см. статью "Стратегемы идеального земледелия" [47].

Портрет идеального "тягача"

В конце 70-х годов прошлого века основоположник ТРИЗ Генрих Саулович Альтшуллер под псевдонимом Г. Альтов в газете "Пионерская правда" вел для детей рубрику по изобретательству. В статье "Изобретать? Это так просто! Это так сложно!" в разделе "Если бы трактор мог летать..." задачу усовершенствования трактора он сформулировал так [46]:

"В начале XIX века тысячи изобретателей работали над усовершенствованием парусных кораблей. И лучшее решение состояло в том, чтобы вообще отказаться от парусов и построить пароход. Быть может, нужен не усовершенствованный трактор, а какой-то принципиально новый способ передвижения сельскохозяйственных машин?.."



Прежде чем делать новый более идеальный способ передвижения, следует сделать

более идеальным процесс выращивания культуры - сократить как можно больше агротехнических операций. Например, если обработку почвы вообще не проводить, а сеять зерна в капсулах по поверхности поля, то остается только три крупные операции: посев по поверхности поля, обработка растений (полив, внесение удобрений) и уборка урожая.

Затем надо сделать "идеальную" машину для перемещения орудий, выполняющих оставшиеся операции. Идеальная машина - эта машина, которой нет, которая не производит никаких нежелательных эффектов, а ее функция выполняется. Следовательно, идеальный "тягач" - это когда орудия (сеялки, опрыскиватели и жатки) перемещаются по полю сами и при этом не уплотняют почву.

Если осуществить самостоятельное движение этих орудий по полю пока сложно, то можно немного отступить от идеала и использовать универсальный носитель для этих орудий, который не уплотняет почву. Сегодня таким носителем может быть мостовой трактор или агромот, движущийся по постоянным технологическим колеям.

Выводы

Итак, существуют следующие способы уменьшения давления на почву при повышении урожайности и качества выращиваемых культур:

1. **Использование постоянной технологической колеи:**
 - движение машин по полю с одинаковой шириной колеи у всех машин;
 - использование мостового трактора с шириной пролета (колеи) 4-12 и более метров;
 - использование агромота с шириной пролета до 50-100 метров;
 - уменьшение площади следов на поле за счет перехода к движению по постоянным технологическим "точкам" - шагающие машины, струнный агромот.
2. **Переход к бесконтактному движителю - воздушная подушка, дирижабль.**
3. **Переход к самодвижущимся с/х орудиям.**
4. **Уменьшение количества проходов техники по полю за счет уменьшения количества агротехнических операций:**
 - использовать машины, выполняющие несколько операций за один проход;
 - сократить количество агротехнических операций:
 - перейти от традиционной технологии обработки почвы к нулевой (no-till);
 - перейти к посеву семян в оболочках раз в 2-3 года;
 - перейти к посеву семян в оболочках по поверхности поля.

Литература

(ссылки проверены, обновлены и добавлены 16.02.2013)

1. "Driving a revolution in the paddock", ECOS, Jan-Mar, 2004.
2. Новиков Ю. Беседы о сельском хозяйстве..
3. Барышева Г. А. Нехорошев Ю. С. Российское сельское хозяйство: 150 лет перманентных реформ и их последствия, раздел 3.6. Техника., материалы к публичным лекциям, ноябрь-декабрь 2003 г. Эксперт, 2003, № 35. С. 34.
<http://znanie.tomsk.ru/selo.doc/>
4. Альтшуллер Г. С. Творчество как точная наука. 2-е изд., доп. Петрозаводск: Скандинавия, 2004.
5. Саламатов Ю. П. Система законов развития техники. Изд. 2-е испр. и доп. Красноярск. 1996.
6. Tom Schuldts Farming - October 28th, 2000. Tractor,
<http://knauer.homeip.net/farm/tractor.jpg>
7. 4WD Tractor Wheels, <http://www.woldinc.com/4wd-tractor.html>; John Deere 9R Series Tractors,
http://www.deere.com/wps/dcom/en_US/products/equipment/tractors/four_wheel_drive_tractors/9r_9rt_series/9r_9rt_series.page?
8. Three-wheel tractor conversion treads carefully,
<http://www.fwi.co.uk/articles/03/11/2008/112918/three-wheel-tractor-conversion-treads-carefully.htm>
9. С "Урожаем" в любую погоду! <http://www.urozhai.ru/eng/publications/weather.html>.
10. С. Д. ЗАЙЦЕВ, В. И. ПРЯДКИН, Л. С. СТРЕБЛЕЧЕНКО (ФИИЦ М, Воронежская ГЛТА). Энергосредство на шинах сверхнизкого давления. Журнал «Тракторы и сельскохозяйственные машины», 2006 год, № 10.
<http://www.avtomash.ru/gur/2006/20061009.htm>.
11. ТТС-70, Железная лань. Изобретатель и рационализатор. 2004, № 1(649). http://i-r.ru/show_arhive.php?year=2004&month=1&id=227.
12. Наденьте гусеницы - нынче сыро. Изобретатель и рационализатор. 2003, № 3(639).
http://i-r.ru/show_arhive.php?year=2003&month=3&id=166.
13. Куляшов А. П., Колотилин В. Е. Экологичность движителей транспортно-технологических машин. М.: Машиностроение. 1993.
14. The Rubber Track Revolution.
http://rogergsmith.typepad.co.uk/publishing_days/2011/02/rubber-tracked-tractors-dvd-advance-information.html; Solving the Wheel Track Dilemma in Direct Seeding,
[http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/agdex182](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/agdex182).
15. Пневмотрак гусеницы транспортного средства. Авторское свидетельство СССР №965869, <http://patentdb.su/3-965869-pnevmotrak-gusenicy-transportnogo-sredstva.html>
16. Завод вездеходных машин. История. Транспортно-технологические машины типа снегоболотоход на пневмогусеничном движителе. <http://www.zvmmn.ru/info/history/>
17. Прокол, спустила... гусеница. <http://www.offroad-drive.ru/index.php?link=155177>
18. Тяжелый снегоболотоход с крано-манипуляторной установкой ТТМ-6901 ГМ,
<http://nztmm.ip-center.ru/production/ttm6901/?ItemID=347>.
19. Вездеход на воздушной подушке. ООО "АРКТИКА-М".
<http://www.arctikam.ru/about.php>

20. Альтшуллер Г. С., Злотин Б. Л., Зусман А. В., Филатов В. И. Поиск новых идей: от озарения к технологии. Кишинев: Картя Молдовеняскэ. 1989.
21. Tramlane Farming Systems. Technical manual. Department of Agriculture Western Australia, GRDC project DAW 718. Bulletin 4607. Feb. 2004.
22. What is CTF? Case Study 3, http://www.controlledtrafficfarming.com/WhatIs/Case_Study_3.aspx, Case study 5 <http://www.controlledtrafficfarming.com/Downloads/CTF%20Case%20study%205.pdf>.
23. Kelly, R., T. Jensen, and Radford B. 2004. Precision Farming in the northern grains region: Soil compaction and controlled traffic farming. www2.dpi.qld.gov.au/fieldcrops/3166.html.
24. Вторая международная конференция по самовосстанавливающемуся земледелию на основе системного подхода No-Till. 17 - 20 августа 2005. Рохан РЭЙНБОУ (Австралия) <http://www.nt-ca.org.ua/35>.
25. Chamen W.C.T., Dowler D., Leede P.R., Longstaff D.J. Design, operation and performance of a gantry system: experience in arable cropping. Journal of Agricultural Engineering Research 1994, 59: 45-60. David Dowler, <http://www.controlledtrafficfarming.com/downloads/David%20Dowler%20-%20a%20history.pdf>. What is CTF? Case Study 4, http://www.controlledtrafficfarming.com/WhatIs/Case_Study_4.aspx.
26. Wide Span CTF, <http://www.controlledtrafficfarming.com/WhatIs/Wide-Span-CTF.aspx>, W.C.T. Chamen. A new methodology for weed control and cereal crop production based on wide span vehicles and precision guidance: BioTrac. Стр. 51. http://www.ewrs.org/pwc/doc/2000_Elspeet.pdf,
27. Жуков Ю. Н. Автоматизированный мостовой агротехнический комплекс - АМАК. "Сеятели и хранители". Книга 2. М.: Современник. 1992.
28. Жалнин Э. В., Муфтеев Р. С. История развития и перспективы внедрения мостового растениеводства. Тракторы и с.-х. машины. 2002, № 5. С. 23-30.
29. Безрукий Л. П., Makeев Н. К. От серпа до комбайна. Мн.: Ураджай, 1984.
30. Любомирский А. Л. Тренд "Точка - Линия - Плоскость - Объем". Доклады на конференции "MATRIZ Fest 2005", июль 2005.
31. В чём главный недостаток струнного транспорта Юницкого? <http://www.membrana.ru/articles/technic/2002/07/29/181600.html>
32. Giant spiderbot steps out. <http://defensetech.org/2005/03/15/giant-spiderbot-steps-out/>
33. Giant spiderbot: not your average John Deere offering. <http://www.engadget.com/2005/03/15/giant-spiderbot-not-your-average-john-deere-offering/>
34. Дирижабли-гиганты будут пожарными и садовниками. 24.06.2002. <http://www.membrana.ru/articles/technic/2002/06/24/204200.html>
35. Advanced Technologies Group SkyCat, United Kingdom. <http://www.aerospace-technology.com/projects/skycat/skycat7.html>
36. Пономарев С. Дывлюсь я на небо. Газета "Сельская жизнь". 27.09.2001 (072). С. 4.
37. Грюндеры и грюндерство, стр.23. <http://www.n-t.org/ri/og/gg1.pdf>
38. Возмутитель татар за паровым плугом, <http://www.ru.mdz-moskau.eu/index.php?date=1188866656&gid=13&godnum=>. Самарские судьбы. Макс Айт. Стр.26-35, http://samsud.ru/upload/pdf/2011/3_2011.pdf
39. Иванов Г. И. О законе опережающего развития рабочего органа. Журнал ТРИЗ. т.3, № 3.3.92, "Ангарская Школа ТРИЗ" (Сквозной №7).
40. Рекомендации по почвообработке. <http://www.techagro.ru/index.php?id=394&page=4>.

41. Темчин Е. Бесплодное поле чудес. Газета "Труд", №077, 26.04.2000.
http://www.trud.ru/article/26-04-2000/5381_besplodnoe_pole_chudes/print.
42. No-till - шаг к идеальному земледелию. М.: Народное образование, 2006.
43. Топливная горячка: кто поможет крестьянину? <http://www.agrargruppe.ru/-sid=C4420AFDCDB347AEB35C1053CBE5B8BB&iid=21C250955B5D43838FA0E0E3D6B2A90F.htm>.
44. Фукуока М. Революция одной соломинки (Введение в натуральное земледелие). М. 1995.
45. Минимум усилий во время посадки культур.
<http://www.ploskorez.ru/articles/articles011.htm>
46. Альтов Г. Изобретать? Это так просто! Это так сложно! Газета "Пионерская правда", 4.05.1976. С.4. <http://www.altshuller.ru/school/school11.asp>
47. ТРИЗ-профи: Эффективные решения в сельском хозяйстве. - М.: Кушнир, 2006. №2.