

УДК 621:631.317

**АНАЛИЗ ЗАКОНОВ И ЭТАПОВ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ
НА ПРИМЕРЕ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ФРЕЗ**

Н.И. Наумкин, В.Ф. Купряшкин, Е.А. Бобровская

Рассматривается развитие почвообрабатывающих фрез с точки зрения выполнения законов развития технических систем. Выявляются этапы и основные тенденции их развития.

Ключевые слова: законы развития технических систем; рабочие машины; почвообрабатывающие фрезы; энергоемкость; резание; фрезерование; угол резания.

**ANALYSIS OF THE LAWS AND THE STAGES OF DEVELOPMENT
OF TECHNICAL SYSTEMS ON THE EXAMPLE OF SOIL-CULTIVATING MILLS**

N.I. Naumkin, V.F. Kupryashkin, E.A. Bobrovskaya

It is considered the development of soil-cultivating mills from the point of view of implementation of laws of development of technical systems. It is identified the stages and the main trends of their development.

Keywords: laws of development of technical systems; operating machines; soil-cultivating mills; power consumption; cutting; milling; cutting angle.

Почвообрабатывающие фрезы (ПФ), как и любая новая техническая система (ТС), появились на определенном уровне развития науки и техники, когда были выполнены два главных условия [1] – потребность в системе и условия для ее реализации. Условия эти выполняются, как правило, не одновременно, и обычно одно стимулирует другое. В нашем случае – потребность обрабатывать с требуемым качеством и высокой производительностью средние и тяжелые почвы, с одной стороны, и существующие на то время технологии обработки металлов и грунтов фрезерованием – с другой. Их развитие, как и других систем, проходило по S-образному закону [1–3] (зарождение, развитие, дряхление-регресс).

Зарождение. Новая система на этапе зарождения обычно весьма примитивна, обладает массой недостатков, поэтому нуждается в совершенствовании. На первом этапе главной движущей силой развития ТС является личный интерес ее создателей. Основное развитие системы на этом этапе заключается в снижении факторов “риска” (увеличивается надежность, безаварийность, удобство эксплуатации). Когда полезность системы осознается обществом, а уровень “риска” снижается до приемлемого, начинается новый этап ее развития.

Так, ротационные почвообрабатывающие машины насчитывают более чем столетнюю историю использования.

Развитие [2]. Основным содержанием этого этапа является быстрое, лавинообразное, напоминающее цепную реакцию, развитие. Характерной чертой данного этапа становится активная экспансия новой системы, которая вытесняет из производственных ниш другие, устаревшие, порождает множество модификаций и разновидностей, приспособленных для разных условий и целей. Главной движущей силой на этом этапе становится общественная потребность, проявляющаяся в виде определенного рода требований к системе со стороны надсистемы, окружающей среды. На втором этапе ТС становится экономически выгодной, и эффект постоянно растет. Так, несовершенство конструкций ротационных машин привело к развитию как теоретических, так и экспериментальных исследований. Задачи определения наиболее рациональных конструктивных параметров рабочих органов были начаты в Швейцарии, Германии и США. В результате для различных конструкций фрез используются рабочие органы нескольких типов, которые удовлетворяют почвенно-климатическим условиям определенной страны. В США для садово-огород-

Таблица 1 – Основные конструкции почвообрабатывающих фрез

Название, производитель	Общий вид машины	Примечание
Фреза “Ротаватор” серии Р. Производитель: фирма “Howard”, Великобритания		Предпосевная обработка в странах Западной Европы
Фреза серии DK с горизонтальным фрезбараном. Производитель: фирма “Kuhn”, Германия		Предпосевная обработка в странах Западной Европы
Самоходная мотофреза, перемещаемая за счет реакции обрабатываемой почвы. Производитель: Россия		Фрезерование средних и тяжелых почв в личных подсобных, фермерских, тепличных и других хозяйствах
Самоходная мотофреза, перемещаемая за счет приводных колес. Производитель: Россия		Фрезерование средних и тяжелых почв в личных подсобных, фермерских, тепличных и других хозяйствах

ных хозяйств создано четыре типа пружинных рабочих органов, налажен выпуск как рыхлящих, так и режущих ножей для полевых условий. В Германии наиболее рациональными признаны рабочие органы S-образной формы, в Голландии, Италии и Германии чаще применяются фрезы с Г- и Т-образными ножами, в Японии широкое применение получили вертикальные фрезы с плавным изгибом и винтовым разворотом ножей относительно плоскости вращения. Опыт производственной эксплуатации почвообрабатывающих фрез выявил их агротехнические и технико-экономические достоинства, позволившие организовать промышленное производство этих машин мощностью от 1 до 250 кВт.

Наибольшее распространение на предпосевной обработке в странах Западной Европы получила фреза “Ротаватор” английской фирмы “Howard”, которая выпускает более 10 модификаций фрез различного назначения четырьмя сериями в зависимости от мощности трактора и типа почвы (таблица 1).

Германская фирма “Kuhn” также производит широкий спектр почвообрабатывающих фрез, предназначенных для различных условий работы: серии EL и DK – с горизонтальным расположением фрезбарана (см. таблицу 1).

Кроме того, для работы в теплицах и на приусадебных участках ряд стран (США, Италия,

Япония, Англия и др.), а также Россия производят небольшие самоходные фрезы (см. таблицу 1) с приводными колесами и без них.

Большая интенсивность работы деталей и узлов фрезерной машины, высокие скорости взаимодействия с почвой, стремление к снижению энергоемкости и металлоемкости фрез потребовали от исследователей разработки более точных методов расчета рабочих органов и элементов трансмиссии с учетом не только статических, но и динамических нагрузок.

“Старость” и “смерть” технической системы. Основным содержанием этого этапа является стабилизация параметров системы. Небольшой прирост их еще наблюдается в начале этапа, но в дальнейшем он становится практически незаметен, несмотря на то, что вложение сил и средств растет. Резко увеличивается сложность, наукоемкость системы, даже небольшие улучшения параметров требуют, как правило, очень серьезных исследований. Вместе с тем экономичность системы остается еще высокой, потому что даже небольшое усовершенствование, помноженное на массовый выпуск, оказывается эффективным. Движущими силами развития на этом этапе остается потребность общества и зачастую оно может быть вполне удовлетворено достигнутым уровнем и не нуждается в усовершенствовании. К тому же простое воспроизводство системы может быть достаточно дешевым, более того, затраты на него будут снижаться за счет повышения общего уровня развития технологии.

Анализ [4] показал, что почвообрабатывающие фрезы в настоящее время находятся на втором этапе развития закона развития технических систем.

Внутри каждого этапа технические системы развиваются по своим законам. Г.С. Альтшуллер [3] сформулировал 8 условий развития технических систем, которые он разбил на три группы: статика, кинематика и динамика; Е.П. Балашевым сформулированы закономерности совершенствования функционально-структурной организации технических систем; закон относительного и временного разрешения противоречий в антропогенных системах; закономерность повышения функциональной и структурной вещественно-энергетической информационной целостности систем; принцип многофункциональности систем; закономерность адекватности структурной организации назначению системы; закономерности взаимосвязи и взаимосвязанности качественных показателей системы; А.И. Половинкин обосновал несколько принципов: избыточности технических решений; соответствия между функциями и техническими решениями; относительного существования функции и технических решений; конструктивной эволюции; принцип

инерции в сфере производства; всеобщее соответствие между функцией и структурой технических объектов; гипотезу о прогрессивной конструктивной эволюции технических объектов и др. В дальнейшем мы будем придерживаться законов Г.С. Альтшуллера, как наиболее обоснованных, объективных и признанных научной общественностью.

Законы статика включают: 1) закон полноты частей системы; 2) закон “энергетической проводимости” системы; 3) закон согласования ритмики частей системы.

1. *Закон полноты частей системы* заключается в необходимости соблюдения условия принципиальной жизнеспособности ТС – наличие и минимальную работоспособность основных частей системы. Каждая ТС должна включать четыре основные части: двигатель, трансмиссию, рабочий орган и орган управления. Если взять ПФ, то даже в самых первых фрезах этот закон выполняется полностью (наличие двигателя, передачи, фрезы и органов управления).

2. *Закон “энергетической проводимости” системы* заключается в необходимости соблюдения условия сквозного прохода энергии по всем частям системы. Любая техническая система является преобразователем энергии. Отсюда очевидна необходимость передачи энергии от двигателя через трансмиссию к рабочему органу. В ПФ происходит передача механического движения от двигателя к фрезе и ходовым колесам посредством привода.

3. *Закон согласования ритмики частей системы*, как согласование ритмики (частоты колебаний, периодичности) всех частей системы также реализуется в ПФ в виде синхронности работы всех ее частей (двигателя, привода, фрезы и ходовых колес).

Законы кинематики: 1) закон увеличения степени идеальности системы; 2) закон неравномерности развития частей системы; 3) закон перехода в надсистему.

1. *Развитие всех систем идет в направлении увеличения степени идеальности.* Идеальная ТС – это система, вес, объем и площадь которой стремятся к нулю, хотя ее способность выполнять работу при этом не уменьшается. Иначе говоря, идеальная система – это когда системы нет, а функция ее сохраняется и выполняется. Применительно к ПФ, как было отмечено выше, как раз и направлены на решение этих задач.

2. *Закон неравномерности развития частей системы.* Развитие частей системы идет неравномерно, чем сложнее система, тем неравномернее развитие ее частей. Эта неравномерность зачастую является причиной возникновения технических и физических противоречий и, следовательно, изобретательских задач. Одним из проявлений

Таблица 2 – Проявление законов динамики на примере ПФ

Название фрезы	Общий вид машины	Примечание
<p>Опытный образец ПФ с ручным регулированием скорости движения за счет клиноременного вариатора (патент на изобретение РФ № 144732 “Самоходная почвообрабатывающая фреза”)</p>		<p>Режим работы выбирается регулированием скорости движения фрезы при помощи клиноременного вариатора</p>
<p>Опытный образец почвообрабатывающей фрезы с автоматическим регулированием скорости движения (патент на изобретение РФ № 2340134 “Почвообрабатывающая электрофреза”)</p>		<p>Режим работы выбирается автоматически регулированием скорости движения фрезы при помощи следящего устройства</p>
<p>Патент на полезную модель РФ № 134731 “Самоходная комбинированная почвообрабатывающая машина”</p>		<p>При работе фрезы сочетается обработка почвы пассивными (культиваторными лапами) и активными (фрезерными) рабочими органами</p>
<p>Опытный образец многорежимной ПФ с рабочим органом с постоянным углом резания (патент на изобретение РФ № 2519883 “Рабочий орган почвообрабатывающей фрезы”)</p>		<p>В почвообрабатывающей фрезе обеспечиваются оптимальные условия отрезания почвенной стружки за счет постоянства угла резания</p>
<p>Опытный образец фрезерного мотокультиватора с адаптивным рабочим органом (патент на полезную модель РФ № 142444 “Рабочий орган фрезерного мотокультиватора”)</p>		<p>За счет регулирования ширины захвата фрезерных рабочих органов путем установки или снятия рабочих секций обеспечивается наиболее полная загрузка двигателя</p>

этого закона в развитии ПФ являются, например: 1) снижение общего веса конструкции, которое вызывает неустойчивость хода машины и ухудшение качества обработки почвы; 2) совершенствование двигателей, привода и всех механических частей и отсутствие управляемости режимами работы в изменяющихся внешних условиях (свойства почвы).

3. *Закон перехода в надсистему.* Исчерпав возможности развития, система включается в надсистему в качестве одной из ее частей; при этом дальнейшее развитие идет на уровне надсистемы. Так, ПФ с паровыми двигателями, эволюционировали во фрезы с двигателями внутреннего сгорания, а впоследствии и в ПФ с электрическими и гибридными двигателями.

Законы динамики включают: 1) закон увеличения степени управляемости; 2) закон увеличения степени дробления, дисперсности рабочих органов; закон повышения степени вепольности. Развитие технических систем идет в направлении перехода от макроуровня (систем, состоящих из сложных подсистем, деталей сложной формы) к микроуровню (системам, использующим физические эффекты, связанные со строением материи). В соответствии с этими законами развитие технических систем происходит примерно в следующем порядке: 1) от системы с постоянными параметрами к системам с параметрами, изменяющимися при изменении режимов ее работы, что обеспечивает оптимальность ее функционирования (ПФ с ручным, полуавтоматическим и автоматическим изменением режимов работы [5–9] (таблица 2), в зависимости от изменения свойств почвы); 2) от узкофункциональных систем, предназначенных для выполнения конкретной цели, к широкофункциональным, позволяющим изменять функции перестройкой, например, комбинированные ПФ, сочетающие в себе несколько технологических операций [4, 10–12]: фрезерование-боронование, обработка-посадка, обработка-внесение удобрений, обработка-уборка и др.; 3) к системам с дифференцированными внутренними условиями, как осуществлено в ПФ деление потока мощности от двигателя [5, 6, 9] на вращение фрезы и приводные колеса (таблица 2) и др., в то время как условия на “входе” и “выходе” системы определяются внешней средой и человеком (изменение физико-механических свойств почвы, рельефа местности и др.); 4) к системам с увеличением числа степеней свободы, гибким, эластичным, например, переход от неподвижно установленных ножей на фрезу к ножам с регулируемым углом резания [5, 6, 13–16] (таблица 2), обеспечивший снижение энергоемкости процесса

резания на 30 % и др.; 5) к системам с изменяющимися связями между элементами, фрезы с изменяемой шириной захвата [17], в зависимости от свойств обрабатываемой поверхности (см. таблицу 2), позволившие повысить производительность в 1,5 раза и др.; 6) от систем со статической устойчивостью к системам с динамической устойчивостью, т. е. только за счет управления, так например, использование маховичных аккумуляторов энергии в ПФ [11] (см. таблицу 2), позволили не только обеспечить устойчивость ее хода, но и равномерность работы фрезы и т. п.; 7) к использованию самопрограммирующихся, самообучающихся, самовосстанавливающихся систем, использование адаптивных фрез с автоматическим регулированием режимов работы, в зависимости от плотности почвы [9, 12] (см. таблицу 2), обеспечивает равномерность нагрузки на фрезу, повышает ее производительность и снижает энергоемкость работы и др. Таким образом, динамичность и управляемость технических систем происходит объективно и вверх, от меньшего к большему.

Закон увеличения степени вепольности Г.С. Альтшуллером [1] сформулирован также как *закон об увеличении степени вепольности системы*. Если под *вепольностью* понимать взаимодействие вещества и поля (различных полей, например – гравитационных, магнитных, силовых и др.), то закономерность здесь проявляется в том, что развитие системы идет в направлении увеличения степени вепольности, в нашем случае – дополнительное использование в ПФ вибрации, электромагнитных и других полей).

Таким образом, анализ этапов развития почвообрабатывающих фрез позволил: во-первых, установить этап развития, на котором находятся современные фрезы (второй), обуславливающий необходимость их дальнейшей модернизации и расширения использования; во-вторых, выявить направления развития в историческом ракурсе: 1) совершенствование привода (паровой, ДВС, электрический, гибридный, др.); 2) совершенствование рабочих органов (оптимальная форма ножей, управляемость шириной захвата, управляемость углом резания и др.); 3) повышение функционирования (обеспечение устойчивости хода, использование маховичных накопителей энергии, управление режимами резания, адаптация в изменению условий внешней среды, комбинированность технологических процессов и др.); в-третьих, выявить перспективные направления усовершенствования фрез за счет адаптивного подхода к выбору оптимальных конструктивно-технологических параметров и режимов работы функционирования в зависимости от условий почвы и требуемого качества ее обработки.

Литература

1. *Альтшуллер Г.С.* Алгоритм изобретения / Г.С. Альтшуллер. М.: Московский рабочий, 1973. 296 с.
2. *Наумкин Н.И.* Основы инженерного творчества / Н.И. Наумкин, Е.П. Грошева, А.Н. Ломаткин и др. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2009. 188 с.
3. Основы инновационной инженерной деятельности / Н.И. Наумкин, Е.П. Грошева, А.Н. Ломаткин и др.; под ред. П.В. Сенина и Н.И. Наумкина. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2012. 276 с.
4. *Сурин Е.В.* Комбинированные рабочие органы в малогабаритных машинах / Е.В. Сурин, В.Ф. Купряшкин, Н.И. Наумкин // Сельский механизатор. 2011. № 6. С. 6–7.
5. *Князьков А.С.* Повышение эффективности почвообрабатывающих фрез путем изменения угла атаки ножа / А.С. Князьков, В.Ф. Купряшкин, Н.И. Наумкин, Е.А. Бобровская // Вестник КРСУ. 2013. Т. 13. № 7. С. 47–53.
6. *Купряшкин В.Ф.* Повышение эффективности функционирования самоходной малогабаритной почвообрабатывающей фрезы оптимизацией конструктивно-технологических параметров (на примере фрезы ФС-0,85): автореф. дис. ... канд. техн. наук / В.Ф. Купряшкин. Саранск, 2011. 20 с.
7. *Купряшкин В.Ф.* Самоходная малогабаритная фреза / В.Ф. Купряшкин // Сельский механизатор. 2013. № 12. С. 4–7.
8. Патент 134731. Российская Федерация, МПК А 01 В 39/10. Самоходная комбинированная почвообрабатывающая машина / В.Ф. Купряшкин, А.В. Митин, Н.И. Наумкин и др. № 2013129838/13; заявл. 28.06.2013; опубл. 27.11.2013. Бюл. № 33.
9. Патент 144732. Российская Федерация, МПК А 01 В 33/02. Самоходная почвообрабатывающая фреза / В.Ф. Купряшкин, Н.И. Наумкин, А.Ф. Фирстов. № 2014117593/13; заявл. 29.04.2014; опубл. 27.08.2014. Бюл. № 24.
10. *Сурин Е.В.* Использование комбинированных рабочих органов в самоходных малогабаритных почвообрабатывающих машинах / Е.В. Сурин, Н.И. Наумкин, В.Ф. Купряшкин // Тракторы и сельхозмашины. 2012. №10. С. 11–13.
11. Патент 2243633. Российская Федерация, МПК А 01 В 33/00, 33/08. Почвообрабатывающая фреза / М.Н. Чаткин, В.Ф. Купряшкин, Н.П. Панфилов и др. № 2003103179/12; заявл. 03.02.2003; опубл. 10.01.2005. Бюл. № 1. 4 с.
12. Патент 2340134. Российская Федерация, МПК А 01 В 33/02. Почвообрабатывающая электрофреза / В.Ф. Купряшкин, Н.И. Наумкин, А.В. Безруков. № 2007117644/12; заявл. 11.05.2007; опубл. 10.12.2008. Бюл. № 34.
13. *Наумкин Н.И.* Синтез планетарных механизмов высокотехнологичных сельскохозяйственных машин методом их идентификации с рычажными / Н.И. Наумкин, В.Ф. Купряшкин // Нива Поволжья. 2010. № 4 (17). С. 45–47.
14. *Наумкин Н.И.* Теория механизмов и машин и ее приложение в АПК / Н.И. Наумкин, В.Ф. Купряшкин, Н.В. Раков; под общ. ред. П.В. Сенина, Н.И. Наумкина. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2012. 220 с.
15. *Наумкин Н.И.* Эффективность почвообрабатывающих фрез с изменяемым углом атаки ножа / В.Ф. Купряшкин, Н.И. Наумкин., А.С. Князьков // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 10. С. 36–38.
16. Патент 2519883. Российская Федерация, МПК А 01 В 33/08. Рабочий орган почвообрабатывающей фрезы / Н.И. Наумкин, А.С. Князьков, В.Ф. Купряшкин. № 20131205923/13; заявл. 06.05.2013; опубл. 20.06.2014. Бюл. № 17.
17. Патент 142444. Российская Федерация, МПК А 01 В 33/00. Рабочий орган фрезерного мотокультиватора / В.Ф. Купряшкин, А.Г. Капустин, Н.И. Наумкин. № 2014106691/13; заявл. 21.02.2014; опубл. 27.06.2014. Бюл. № 18.