

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ-  
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА

**НАВИГАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ.  
КООРДИНАТНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ**

**Учебное пособие для высших учебных заведений**

Москва, 2013

**УДК 631.171.004.3 (075.8)**

**ББК 40.771 я 73**

**Н 15**

**В.И. Балабанов, А.И. Беленков, Е.В. Березовский, В.В. Егоров,  
С.В. Железова**

**Рецензенты:** заведующий кафедрой земледелия и опытного дела ФГБОУ ВПО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, доктор биологических наук, профессор М.А. Мазиров, заведующий отделом ФГБНУ «Росинформагротех», доктор технических наук, профессор И.Г. Голубев

**Н15 Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное земледелие. Учебное пособие / В.И. Балабанов, А.И. Беленков, Е.В. Березовский. – М.: Издательство РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2013. – 117 с.: ил.**

**Под общей редакцией профессора В.И. Балабанова**

Приведены исторические аспекты развития координатного (точного) земледелия; рассмотрена сущность основных направлений этого вида земледелия; представлено описание навигационного оборудования, в том числе при параллельном и автоматическом вождении автотракторной техники, дифференцированного внесения удобрений и средств защиты растений, а также при картировании плодородия полей и урожайности. Представлен опыт работы Центра точного земледелия РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Приведен краткий список основных терминов, список литературы и полезных ссылок на сайты по данной тематике. В приложении представлены описание и технические характеристики наиболее распространенных моделей курсоуказателей и систем параллельного вождения для сельскохозяйственной техники.

Содержание учебного пособия соответствует положениям ФГОС ВПО 3-го поколения, современным требованиям техники, экономики, рынка труда и позволит успешно осуществлять подготовку бакалавров по дисциплине вариативного цикла «Точное земледелие» для подготовки бакалавров по направлению 110400 «Агрономия».

Допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по агрономическому образованию в качестве учебного пособия для подготовки бакалавров, по направлению 110400 «Агрономия»

© Балабанов В.И. и др. 2013

© ФГБОУ ВПО РГАУ-МСХА  
имени К.А.Тимирязева, 2013

© Издательство РГАУ-МСХА  
имени К.А.Тимирязева, 2013

## ПРЕДИСЛОВИЕ

**Координатное или точное земледелие** (precision agriculture) — это не только качественно новая система земледелия, но и новая стратегия ведения сельскохозяйственного производства, которая использует информационные технологии, извлекая данные из множества различных источников, обеспечивая принятие оптимальных решений по управлению сельскохозяйственным предприятием.

Содержание учебного пособия соответствует положениям ФГОС ВПО 3-го поколения, а также современным требованиям техники, экономики, рынка труда и позволит успешно осуществлять подготовку бакалавров по дисциплине вариативного цикла «Точное земледелие» для подготовки бакалавров, по направлению 110400 «Агрономия».

В учебном пособии приведены исторические аспекты развития точного земледелия, рассмотрена сущность основных направлений точного земледелия. На основании нашего опыта рассмотрены особенности применения трех наиболее распространенных составляющих координатного земледелия, к которым относятся:

технологии параллельного вождения и автопилотирования на базе системы навигации GPS (англ. Global Positioning System — система глобального позиционирования), обеспечивающие необходимую точность ведения агрегатов на посеве зерновых, посадке картофеля, гребнеобразовании и т. д.;

оценка биологического состояния растений и наличия сорняков на каждом конкретном участке обрабатываемого поля в режиме реального времени при помощи специальных сканирующих устройств, сенсоров и датчиков и на основании обработки полученных данных управление автоматическим внесением необходимых доз удобрений или средств защиты растений;

оценка состояния почвы и построение карт плодородия, урожайности, а в перспективе, карт рентабельности каждого конкретного участка сельскохозяйственных угодий.

Отдельно представлен опыт работы Центра точного земледелия РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Приведен краткий список основных терминов, список литературы и полезных ссылок на сайты по данной тематике.

В приложении представлены описание, технические характеристики наиболее распространенных моделей курсоуказателей и систем параллельного вождения для сельскохозяйственной техники.

Учебное пособие допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по агрономическому образованию в качестве учебного пособия для подготовки бакалавров, по направлению 110400 «Агрономия».

Авторы выражают признательность за помощь в подготовке рукописи и за представление результатов исследований сотрудникам Центра точного земледелия РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева и доценту кафедры общего земледелия МГУ имени М.В. Ломоносова, доктору биологических наук В.П. Самсоновой.

## 1. СУЩНОСТЬ И ЗАДАЧИ КООРДИНАТНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Координатное земледелие чаще называют точным или топоориентированным земледелием, земледелием по предписанию, точным сельским хозяйством, аккуратным сельским хозяйством. Такая технология стала возможной благодаря развитию средств связи, спутниковых навигационных систем GPS/ГЛОНАСС, компьютеризации и использованию навигационных и информационных технологий в области автоматизации сельскохозяйственного производства. Стержнем технологии являются специальные программы для агроменеджмента на базе геоинформационных систем (ГИС), позволяющие снимать, обрабатывать и накапливать информацию о местоположении техники и характеристиках сельскохозяйственных угодий.

Для эффективного использования данного вида агротехнологий в режиме реального времени и в будущем создается адаптированная к конкретным условиям хозяйства система поддержки принятия решений (СППР). Специализированное программное обеспечение обрабатывает поступающую от навигационных и различных контрольных и диагностических систем информацию, создаёт и заполняет технологические карты полей, предоставляя пользователю необходимые экономические расчеты и справочную информацию.

Наряду с современным программным обеспечением технологий точного земледелия, позволяющим осуществлять принятие решений, данный тип земледелия, безусловно, нуждается в не менее мощном техническом оснащении. Машины, применяемые для точного земледелия, также оснащаются бортовыми компьютерами, приёмниками спутниковых сигналов, различными датчиками и сенсорами, автоматическими устройствами по учёту урожая и другим оборудованием.

Главное отличие от традиционной концепции в том, что точное земледелие рассматривает как единицу учета не всё поле в целом, а каждый его отдельный (сопоставимый с точностью глобального позиционирования) участок со значениями его рельефа, плодородия, растительного состава и других признаков. На основании собранных и обработанных данных оно подразумевает применение на каждом из этих участков строго определенных и обоснованных агротехнологических приемов выращивания конкретных сельскохозяйственных культур.

Система точного, или прецизионного, земледелия представляет собой высшую форму адаптивно-ландшафтного земледелия, основанного на наукоемких агротехнологиях с высокой степенью технологичности. Её внедрение, несомненно, требует нового мышления, подготовки квалифицированных заинтересованных кадров, обеспечения сельскохозяй-

ственных предприятий современной вычислительной техникой, наличия методов математического моделирования и средств автоматизации. При этом наиболее актуальным является применение новых информационных технологий искусственного интеллекта и геоинформационных систем.

В данном разделе учебника на основании нашего опыта рассмотрены особенности применения трех наиболее распространенных составляющих точного земледелия, к которым относятся:

технологии параллельного вождения и автопилотирования на базе системы навигации GPS, обеспечивающие необходимую точность ведения агрегатов на посеве зерновых, посадке картофеля, гребнеобразовании и т. д.;

оценка биологического состояния растений и наличия сорняков на каждом конкретном участке обрабатываемого поля в режиме реального времени при помощи специальных сканирующих устройств, сенсоров, датчиков и на основании обработки полученных данных управление автоматическим внесением необходимых доз удобрений или средств защиты растений;

оценка состояния почвы и построение карт плодородия, урожайности, а в перспективе, карт рентабельности каждого конкретного участка сельскохозяйственных угодий.

Комплекс этих и других мероприятий, о которых будет сказано в дальнейшем, значительно упрощает управление хозяйством, позволяет специалистам принимать обоснованные решения и оперативно корректировать ситуацию на полях. Все это приводит к экономии удобрений, средств защиты растений, топливно-смазочных материалов, так как используются ресурсосберегающие технологии, а в целом — к снижению себестоимости продукции, росту производительности и повышению эффективности сельского хозяйства.

Точное (прецизионное) земледелие является одним из современных направлений в развитии ресурсосберегающего земледелия. Его суть — интегрированный процесс управления ростом растений в соответствии с их потребностями. Стратегия использования технологий точного земледелия направлена на максимально полное привлечение и использование различной информации для выработки агротехнологических решений, их оптимизации применительно к конкретным почвенно-климатическим и хозяйственным условиям сельскохозяйственного предприятия и дифференцированного осуществления основных технологических операций (в пределах поля) для достижения максимальных количественных и качественных показателей.

В зависимости от биологической потребности сельскохозяйственных культур, определяемой на основании данных полевых и лабораторных обследований и расчетов, вносится дифференцированная, относительно разработанной агрохимической карты и расположения на местности, доза элементов питания растений. Таким образом достигается оптимизация питания сельскохозяйственных культур и выравнивание их урожайности в разных частях поля. Часто такой способ внесения называют «off-line». Однако необходимо учитывать, что на поле существуют участки, урожайность которых не поддается какому-либо прогнозу. Поэтому для элементов с высокой подвижностью, таких как азот, используется режим внесения по фактическому состоянию растений на поле. Это так называемое «on-line» внесение, использование которого особенно актуально на озимых культурах, чья вегетация сопряжена с риском перезимовки. Такое внесение приводит к экономии удобрений, повышению урожайности и качества сельскохозяйственной продукции, а также создает условия для сохранности окружающей среды. В отдельных случаях данная концепция позволяет точнее установить локальные причины болезней растений или наличие и причины уплотнений почвы. Кроме того, снижение химического антропогенного влияния на агробиоценозы повышает их устойчивость, что также позволяет получать дополнительную прибавку урожая за счет более полного использования сопутствующих биологических факторов.

На основе собранных данных проводится оценка оптимумов плотности посева, расчёт норм внесения удобрений и средств защиты растений, прогнозирование урожайности и соответствующего финансового планирования работы предприятия.

Именно поэтому в США точное земледелие в настоящее время в агробизнесе больше ассоциируется не с концепцией устойчивого земледелия, а с мейнстримом (англ. mainstream — основное течение), в соответствии с которым сельхозпроизводитель стремится максимизировать прибыль, снижая затраты на удобрения за счет внесения их только на тех участках поля, где они действительно необходимы. Как уже отмечалось, агропроизводители применяют технологии переменного или дифференцированного внесения удобрений на тех участках поля, которые идентифицированы специальными приборами и датчиками, как имеющие потребность в определённой норме удобрений. С помощью GPS-приёмников проводят их позиционирование. При помощи карт предыдущего агрохимического обследования и урожайности подтверждают необходимость в данных мероприятиях. В результате чего на ряде участков поля норма внесения удобрений оказывается меньше средней по полю, т.е. осуществляется перераспределение удобрений на участки, где требуется

повышенная норма, и, тем самым, снижается (оптимизируется) расход удобрений.

Точное земледелие обеспечивает улучшение состояния полей и повышение эффективности агроменеджмента вследствие реализации нескольких основных критериев:

агрономического (с учётом реальных потребностей культуры в удобрениях, при этом не только совершенствуется агропроизводство, но и сохраняется почвенное плодородие полей);

технологического (производимая продукция отличается более высоким качеством);

технического (уменьшается тайм-менеджмент на уровне хозяйства, в том числе улучшается планирование сельскохозяйственных операций);

экологического (сокращается негативное воздействие сельхозпроизводства на окружающую среду, например, более точная оценка потребностей культур в азоте приводит к ограничению применения азотных удобрений);

экономического (отмечается рост производительности и/или сокращение затрат, что повышает эффективность агробизнеса).

Другим достоинством применения технологий точного земледелия для агробизнеса является ведение электронной записи и последующего хранения истории полевых работ и урожаев, что немаловажно для последующего планирования и принятия решений по севообороту, а также для составления необходимой отчётности о производственном цикле.

Все эти мероприятия, в конечном итоге, направлены на получение с данного поля (массива) максимального количества качественной и наиболее дешевой продукции, когда для всех растений этого массива создаются одинаковые условия роста и развития без нарушения норм экологической безопасности. Точное земледелие внедряется путем постепенного освоения агротехнологий на основе принципиально новых, высокоэффективных и экологически безопасных технических и агрохимических средств.

Точное земледелие — это быстроразвивающаяся система с применением наукоемких технологий, последних достижений техники, новейших методов управления. Фундаментальной частью точного земледелия является развитие и адаптация стратегии и практики ведения сельского хозяйства в современных условиях. Главное при таком подходе — измерить, понять и использовать на практике факторы, влияющие на растения, такие как водно-физические и химические свойства почвы, ландшафт, семена, применяемая технология, сроки сева и уборки, болезни и вредители, сорняки, агроклиматические условия. Точное земледелие позволяет обеспечивать усиленный контроль над проводимыми

сельскохозяйственными операциями и отслеживать изменение ситуации во времени в каждой точке контура, проводя сравнительный анализ складывающейся обстановки с прогнозируемым вектором развития событий.

Практика показывает, что существующие методы ведения сельского хозяйства устарели, а новые прогрессивные технологии, признанные и успешно применяемые во всем мире, еще не получили в России должного внимания и развития. Поэтому сегодня актуальна проблема реформирования аграрного комплекса страны, внедрения экономичных технологий, способствующих повышению плодородия почв и получению стабильных урожаев при минимальных затратах.

Компенсацией сокращению численности работников, занятых в сельскохозяйственном производстве, является повышение производительности труда за счет увеличения ширины захвата агрегатов, повышения их грузоподъемности и скорости выполнения технологических операций. Так, ширина захвата машин для внесения удобрений увеличилась до 46 м, посевных агрегатов — до 18 м, почвообрабатывающих машин — до 22 м, зерноуборочных комбайнов — до 12 м, силосоуборочных комбайнов — до 10,8 м, картофелепосадочных машин — до 7,2 м, грузоподъемность прицепов повысилась до 50 т, и подобных примеров множество.

В основе точного земледелия лежит управление продуктивностью посевов, учитывающее вариабельность среды обитания растений. Точное земледелие рассматривается как неотделимая часть ресурсосберегающего экологического сельского хозяйства и подразумевает применение интегрированной системы управления, а не отдельных её разрозненных элементов.

Основными задачами и направлениями работ в области точного земледелия в настоящее время являются:

автоматизация процессов управления техникой (параллельное вождение и автопилотирование) на базе системы навигации GPS при проведении технологических операций, обеспечивающая точность посева, выравнивание рядков зерновых, картофельных гребней и т.д.;

составление почвенных карт хозяйств с использованием автоматических пробоотборников;

контроль над изменениями состояния полей и посевов на различных участках, что позволяет определить последовательность их обработки;

внесение строго определенного количества удобрений и семян на различные участки одного и того же поля в зависимости от состояния почвы и посевов;

автоматический мониторинг урожайности и составление карт урожайности, а в перспективе, карт рентабельности полей;

мониторинг и контроль над использованием дорогостоящей техники (GPS/ГЛОНАСС);

накопление и хранение данных в электронном виде, что позволяет отслеживать динамику процессов в наглядной и удобной для работы форме;

многофакторный анализ и визуализация собранных данных, в том числе за несколько лет;

информационная поддержка принятия решений и контроль над их исполнением.

Для реализации системы точного земледелия необходимо следующее специальное оборудование:

приемники сигналов спутниковых радионавигационных систем GPS/ГЛОНАСС с функцией дифференциальных поправок, обеспечивающих дециметровую точность позиционирования на местности;

бортовые компьютеры для тракторов и другой сельскохозяйственной техники;

оборудование для систем параллельного вождения и автопилотирования;

геоинформационные системы (ГИС) с данными дистанционного зондирования Земли (аэро- и космическая съемка), картами урожайности, химического состава полей и т.д.;

бортовые датчики на зерноуборочной технике для мониторинга урожая;

дистанционные датчики для измерения температуры и влажности почвы, определения состояния растений и т.д.

Наилучшие результаты при реализации концепции системы точного земледелия отмечаются в том случае, когда все данные стекаются в единый диспетчерский центр, где программные средства объединяются в единую корпоративную систему управления ресурсами.

Второй компонент системы точного земледелия — это корректировка доз внесения удобрений и средств защиты растений в режиме реального времени в зависимости от состояния растений, наличия сорняков на каждом конкретном участке обрабатываемого поля. Для этого применяются специальные сканеры и сенсоры, которые в процессе работы опрыскивателя или машины для внесения удобрений корректируют количество вносимых препаратов. При традиционной земледелии, как известно, нормы внесения удобрений и средств защиты растений едины для всего поля.

В процессе внедрения точного земледелия обеспечивается комплексный подход к применению информационных технологий, который помогает оперативно принимать правильные решения с использованием программных средств, спутниковых данных и средств спутниковой навигации. Использование «минимальной» или «нулевой» технологии в последние годы делает практически невидимой границу между обработанным и необработанным участком поля. Повсеместное внедрение широкозахватной техники, проведение некоторых работ ночью (например, опрыскивание) окончательно убеждают, что пришло время управлять сельхозтехникой по приборам.

Целью точного земледелия является получение максимальной прибыли при условии оптимизации производства, экономии удобрений, извести, ядохимикатов, воды, рационального использования природных ресурсов, защиты окружающей среды. Все это приводит, в конечном счете, к повышению эффективности управления сельскохозяйственным производством.

### **Контрольные вопросы и задания**

1. Что подразумевается под понятием «точное земледелие»? 2. За счет каких основных критериев при применении точного земледелия обеспечивается улучшение состояния полей и повышение эффективности агроменеджмента? 3. Назовите три основные и наиболее распространенные составляющие точного земледелия. 4. Что является основным отличительным признаком технологий точного земледелия? 5. Для чего при применении технологий точного земледелия необходимы САПР? 6. Что является целью точного земледелия? 7. Назовите основные задачи и направления работ в области точного земледелия в настоящее время.

## **2. ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КООРДИНАТНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

С развитием сельскохозяйственного машиностроения и выпуском новых образцов техники, таких как комбинированные орудия, энергонасыщенные тракторы, самоходные комбайны и опрыскиватели, в земледелии стали более широко применяться различные технические и электронные средства механизации и автоматизации производства. Однако первые экспериментальные образцы сложных и дорогостоящих приборов электроники оказались не приспособленными для полевых работ. Они отличались относительно большими габаритами и плохо работали в условиях высокой влажности, при наличии динамических нагрузок, а также при недостаточно квалифицированном уровне их эксплуатации и обслуживания.

Со временем стали появляться более надежные и компактные образцы электроники, обладающие влаго- и пылезащитными свойствами, не требующие частого обслуживания и ремонта. При этом они были достаточно просты в применении, что способствовало продвижению их в агропромышленной комплекс и, в частности, в точное земледелие. Были разработаны адаптированные к сложным сельскохозяйственным условиям специальные образцы микропроцессоров, фотоэлектрические, электромагнитные, пьезоэлектрические, электромеханические и другие виды датчиков и сенсоров, электронные приборы и оборудование.

Внедрением новых средств электроники в сельское хозяйство начали заниматься в 80-х гг. прошлого столетия в Японии, Германии, Англии, Голландии и США. При этом само понятие точного земледелия зародилось в Великобритании, где на ферме в графстве Саффолк (англ. Suffolk) на протяжении трех лет проводились работы по предварительному координатному анализу почвы в проблемных зонах, дифференцированному внесению удобрений в строгой зависимости от уровня плодородия, а также последующего картографирования полученной урожайности. Удобрения вносились машиной Amazone-M-Tronic с возможностью их точного дозирования. Комплекс проведенных мероприятий по сравнению с внесением постоянных доз удобрений по всему полю позволил обеспечить годовую экономию средств в среднем 17,2 фунта стерлингов на каждый гектар пашни, обрабатываемой по новой технологии.

Эти и другие аналогичные работы способствовали тому, что первые значительные достижения по применению электронных средств автоматизации на сельскохозяйственной технике были получены разработчиками машин для внесения удобрений и защиты растений. Так, на международной агротехнической выставке SIMA-1976 в Париже, опрыскиватель Hydroelectron фирмы Теснома, оснащенный электронным регулятором пропорциональной подачи раствора в зависимости от скорости движения агрегата, был удостоенный золотой медали. Похожую машину также создала английская фирма Agmet. В них, в отличие от использовавшихся в России и странах СНГ аналогов, поддерживается постоянный в единицу времени расход раствора. При этом норма его внесения на 1 га существенно изменяется при каждом переключении передачи, изменении частоты вращения двигателя или буксовании колес, что позволяет экономить до 20 % агрохимикатов. Несомненно, это обеспечивает не только экономический, но и соответствующий экологический эффект.

Следует отметить, что и в бывшем социалистическом содружестве, в том числе в Советском Союзе, также проводились интенсивные иссле-

дования по внедрению электронных средств в сельское хозяйство. Так, еще в 1980 г. по инициативе Болгарии, которая стала координатором работ в этом направлении, страны Совета экономической взаимопомощи (СЭВ) объединили свои усилия по электронизации сельскохозяйственного производства. Однако в связи с распадом социалистического лагеря эти работы не получили должного развития.

Достаточно сложно разрабатывались машины для точного высева семян зерновых колосовых культур. Опытные образцы таких сеялок были впервые продемонстрированы на международной выставке в Мюнхене (Германия) в 1982 г. Спустя три года появилась первая серийная машина с электронным регулятором высева от фирмы Blanchot и сразу же была отмечена на парижской выставке SIMA-1985.

Следующим этапом развития сеялок для точного земледелия было создание компанией Rider (ФРГ) сеялки Saxonia, которая одновременно обеспечивала не только строго определенное расстояние между семенами в рядке, но и заданную глубину их заделки.

В 1986 г. на основании плодотворного сотрудничества производителей сельскохозяйственной техники было принято решение, что более рационально размещение многоканального микропроцессора на тракторе, а на сельхозмашинах необходимо монтировать лишь унифицированные датчики. Впервые, на тракторе марки Case, начали устанавливать микропроцессор с возможностью подключения к нему датчиков и других автоматических исполнительных механизмов: регулирования глубины обработки почвообрабатывающих машин компании Landsberg; оптимизации работы опрыскивателей компании Holder; внесения минеральных удобрений машиной компании Rotina; сеялок Saxonia и ряда других.

В настоящее время немецкая компания «Amazone-Werke H. Dreyer GmbH & Co. KG» обобщает все свои понятия и технологические решения, связанные с электроникой под ключевым словом «IT-Farming» (хозяйствование на основе информационных технологий).

Ядром концепции является бортовой компьютер «AMATRON+», как универсальный обслуживающий терминал, служащий для оптимизации обслуживания, управления количеством, контроля и хранению данных при использовании сеялок, опрыскивателей и разбрасывателей удобрения компании «Amazone». При этом, используя строго определенные и открытые интерфейсы «AMATRON+», позволяет обмениваться данными с другими технологиями «IT-Farming», в том числе для оптимального использования управленческих и регулировочных возможностей машин, а также осуществления менеджмента получаемых данных (рис.1).

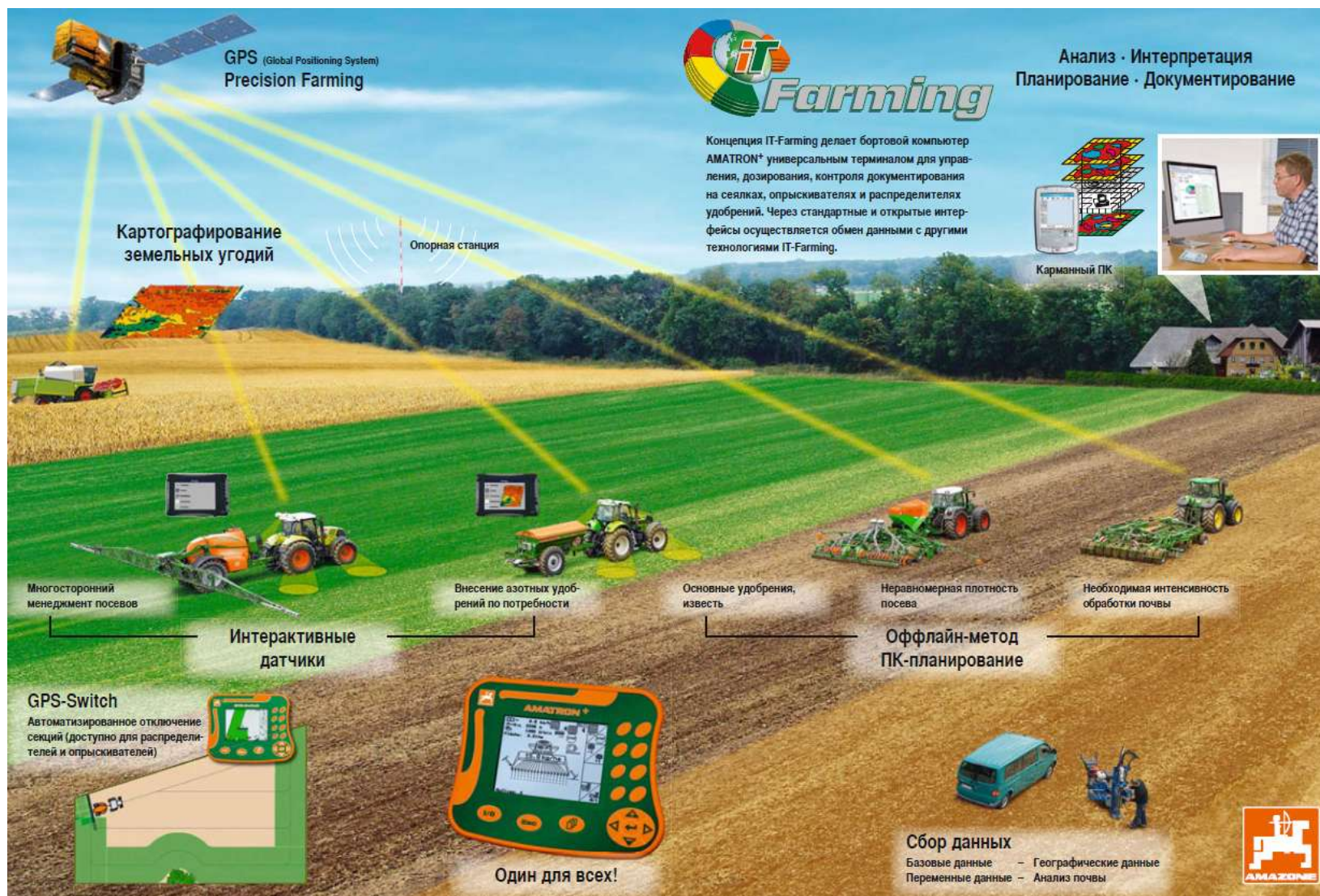


Рис. 1. Концепция «IT-Farming» от компании «Amazone» (рис. с сайта <http://www.amazone.ru>)

В процессе работы микропроцессор, установленный на тракторе, контролирует и регулирует не только параметры двигателя и удельный расход топлива, но и технологические параметры агрегата, такие как фактическая рабочая скорость и объем выполненных работ.

Известная английская фирма KRM предложила кардинальное решение данной задачи — оценивать содержание азота, фосфора и калия в почве путем анализа фотоснимков полей, полученных в инфракрасных лучах на специальной пленке методами аэро- или космической съемки с построением картограммы поля, а привязку координат агрегата осуществлять с помощью систем GPS.

В 1994 г. на выставке Smithfield Farm Tech фирма KRM выставила первый экспериментальный образец двухдискового центробежного агрегата для дифференцированного внесения одного вида минеральных удобрений. Для регулирования дозы вносимых удобрений она использовала электронный прибор Calibrator 2002, отслеживающей через GPS показатели картограммы плодородия поля на специальном компьютере. В 1995 г. немецкая фирма Amazone также начала серийный выпуск аналогичных центробежных машин марки ZA-Max, но из-за высокой стоимости электронного оборудования (до 50 % цены машины) они не получили на тот момент широкого распространения.

Значительно упрощал агрохимический анализ почвы созданный другой английской фирмой Challeng Agriculture оптический прибор, удостоенный в 1994 г. Золотой медали парижской агротехнической выставки. Содержание в почве азота, фосфора, калия и других элементов он определяет путем сравнительной оценки двух точек отраженного света выбранной полосы спектра. Прибор был способен обрабатывать более 30 параметров и регистрировать до 50 значений. Спустя четыре года аналогичный прибор создали китайские специалисты.

Одной из важных задач является разработка новых способов и средств для упрощения и снижения стоимости агрохимического анализа почвы, в том числе через оценку урожайности выращенной культуры на отдельных участках поля. В этих целях зерноуборочный комбайн оснащают электронным датчиком, который определяет объем или вес подаваемого в бункер зерна, по координатно записывает его в бортовой компьютер и распечатывает картограмму урожайности. Данная картограмма урожайности является основанием для относительной оценки текущего плодородия конкретной зоны поля и служит обоснованием необходимости в дифференцированном применении удобрения или определении аномальных зон и взятии проб почвы для последующего агрохимического анализа лишь на этих участках.

В целях объединения усилий и интенсификации работ по созданию и внедрению в агробизнесе различных электронных систем в 1992 году (спустя 12 лет после решений стран Совета экономической взаимопомощи (СЭВ)) страны Европейского сообщества (ЕС) приняли собственный план, предусматривающий ускоренное финансирование из бюджета Евросоюза перспективных направлений автоматизации и компьютеризации сельскохозяйственной техники. Затем к этой работе присоединились и бывшие страны СЭВ — Венгрия, Чехия, Словения, а также независимая Эстония. В настоящее время по разработке качественно новых, высокоточных и высокопроизводительных сельхозмашин, оснащенных средствами электронной автоматизации, страны ЕС, особенно Великобритания и Германия, значительно опережают США и Канаду.

Параллельно велись работы по созданию специальных и адаптации имеющихся систем для определения координат сельскохозяйственной техники, а также автоматического управления самоходной техникой с использованием навигационного оборудования.

В Германии была разработана радиосистема, в которую вошли компьютеризированная базовая радиостанция с приемником, размещаемая в диспетчерском центре (офисе) фирмы, и приемопередающие аппаратные устройства, устанавливаемые на агрегатах в поле. Такая система в режиме реального времени обеспечивала поиск, определение координат с точностью  $\pm 10$  м и слежение за 200-ми агрегатами, работающими в радиусе до 9 миль от стационарной радиостанции.

В свое время американская компания Massey Ferguson, входящая в корпорацию AGCO, для этих целей одной из первых разместила на своих агрегатах специальные радиоприемники, работающие через глобальную спутниковую сеть GPS. Система уже тогда с приемлемой точностью определяла географические координаты агрегата, но на тот период времени она оказалась достаточно сложной и дорогостоящей.

Развитие систем связи и снижение стоимости электронных приборов способствовало развитию в настоящее время данного направления использования различных навигационных систем для применения в технологиях точного земледелия. Например, в машинах для внесения удобрений центробежного типа (разбрасывателей) добились стабильности внесения удобрений на 1 га независимо от скорости движения агрегата. При этом частота вращения рассеивающих дисков и фактическая доза удобрений, вносимых на 1 га, постоянно указывается на мониторе, а при необходимости, тракторист имеет возможность корректировки дозы непосредственно из кабины трактора. Внедрение аналогичных электронных устройств позволило снизить неравномерность внесения удобрений до показателей не более 15 %.

В настоящее время значительных успехов в электронизации сельскохозяйственной техники добились компании Amazone, AGCO, Baram, CNH, Claas и другие.

Системы параллельного вождения завоевали особо распространены в Австралии и США. Использование навигационных систем, позволяет фермерам каждый год практически безошибочно находить технологическую колею. Приветствуют систему параллельного вождения и фермеры Западной Европы, где конфигурация полей очень не проста (рис. 2).



Рис. 2. Конфигурация полей, обработанная с помощью навигационных систем параллельного вождения (рисунок с сайта <http://www.geomir.ru>)

Целесообразность и эффективность применения систем параллельного вождения оценивалась в процессе полевых испытаний, проведенных в 2003 г. Техническим университетом города Хохенхайм (ФРГ) на ряде немецких агропредприятий. В результате было установлено, что при средней стоимости комплекта навигационного оборудования для параллельного вождения около 8...10 тыс. евро система, которая применялась, например, при опрыскивании полей общей площадью 1000 га, окупилась практически за один сезон использования.

Зарубежный и отечественный опыт показывает высокую эффективность технологий точного земледелия, особенно применительно к крупным хозяйствам. Например, по имеющимся статистическим данным уже в 2006 году более 80% фермеров США в той или иной степени применяли технологии точного земледелия, благодаря чему им удалось поднять урожайность зерновых культур до 90 ц/га. При этом установлено, что затраты на внедрение точного земледелия у них окупаются уже после 2...4-х лет его использования и начинают приносить значительную прибыль.

В настоящее время точное земледелие получает все большее распространение во многих странах, в том числе и в России. В то же время, исследования в области точного земледелия за последние 15 лет показали, что это направление многопрофильное. Для его развития и повсеместного внедрения в производство потребуется намного больше времени и финансовых средств, чем для применения традиционных технологий.

#### **Контрольные вопросы и задания**

1. Когда и где зародилось понятие «точное земледелие»? 2. На каких сельскохозяйственных машинах, и каких марок впервые применялись электронные системы? 3. Какие работы в области точного земледелия проводились в Советском Союзе и других социалистических странах? 4. Когда и где появились первые машины для точного высева семян? 5. Какая фирма первой разместила на своей технике навигационное оборудование? 6. В каких странах в настоящее время технологии точного земледелия получили наибольшее развитие?

### **3. СИСТЕМЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО И АВТОМАТИЧЕСКОГО ВОЖДЕНИЯ**

В сельском хозяйстве получили широкое распространение и доказали свою эффективность три класса приборов для управления движением тракторов и комбайнов, использующих GPS-приемники: системы параллельного вождения и подруливающие устройства для автопилотирования. Использование космических навигационных систем становится возможным после установки на транспортное средство специального приемника, постоянно получающего сигналы о местоположении навигационных спутников и расстояниях до них. В зависимости от требуемой точности управление такой техникой осуществляется механизатором вручную по показаниям метки на экране дисплея, либо с использованием подруливающего устройства или автопилотирования.

Система параллельного вождения является самой наглядной и быстро окупаемой частью технологии точного земледелия, предназначена

для проведения полевых работ и наиболее эффективна в условиях применения с широкозахватной техникой.

**Система параллельного вождения** — это активное участие механизатора в управлении машиной по схеме «измерение текущих координат сельхозмашины — отображение отклонений от заданного маршрута на табло в кабине — вращение механизатором рулевого колеса для удержания агрегата на заданном маршруте» (рис. 3).

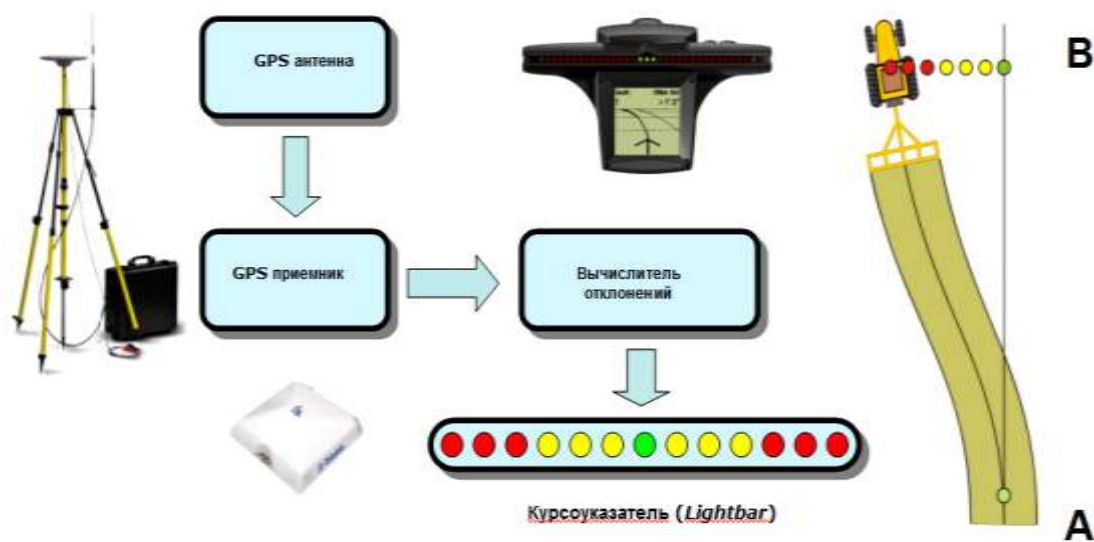


Рис. 3. Принцип функционирования прибора

К сожалению, психомоторная реакция среднестатистического человека не позволяет осуществлять параллельное вождение с отклонениями менее  $\pm 30$  см, что также соответствует точности GPS-приемника, опирающегося только на обычные 24 спутника. В общем случае самая простая система параллельного вождения состоит из GPS-приемника с внешней антенной и указателя курса. Системы легко и быстро устанавливаются на трактор или комбайн. Требуется только подключение к электропитанию и установка внешнего блока (приемник GPS). Обучение механизаторов работе с данным видом оборудования, в зависимости от желаемой «глубины» изучения, составляет от нескольких минут до суток.

Необходимо отметить, что использование приборов параллельного вождения с точностью ведения агрегата  $\pm 30$  см очень ограничено и используется, в основном, только на внесении удобрений. Для проведения почвообработки, посева, защиты растений, уборки и ряда других операций требуется более высокая точность ведения агрегата. В состав оборудования для систем более точного параллельного вождения входят:

навигационный приёмник с точностью позиционирования — до 10 см, способный работать на двух частотах (рис. 4);  
дисплей (рис. 5) или светодиодная панель (рис. 6);  
контроллер для расчета отклонений на неровностях антенны приемника и корректировки направления движения (рис. 7);  
подруливающее устройство (рис. 10).

Есть несколько распространенных способов корректировки спутниковых навигационных сигналов для достижения высокой точности. Поправки могут быть получены как от геостационарных спутников, что повысит точность до  $\pm 10$  см, так и от базовой спутниковой станции РТК (рис. 10), расположенной в непосредственной близости от поля.

**Принцип и системы автоматического вождения (автопилот).** Автопилотирование отличается от параллельного вождения тем, что отклонения от заданной траектории, вырабатываемые GPS-приемником и навигационным контроллером, через специальные устройства (управляющий клапан) (рис. 9) вводятся непосредственно в гидравлическую систему управления ходовой частью трактора, исключая инертность и люфт рулевого управления. В дополнение на трактор устанавливается специальный датчик угла поворота колес (рис. 8). Такая система обеспечивает максимальную точность (отклонение  $\pm 2$  см) движения по маршруту без вмешательства механизатора.

Основное преимущество использования систем параллельного вождения — уменьшение ошибок (сведение к минимуму человеческого фактора) при обработке полей. Практика показывает, что при опрыскивании культур традиционным способом большинство операторов предпочитают проходить соседние ряды с перекрытием, чтобы избежать пропусков. В результате взаимное перекрытие рядов, даже с использованием пенных маркеров, составляет не менее 5 %. Применение указателей курса с подруливающими устройствами снижает перекрытие до 2...3 % и менее.



Приемник поддерживает различные варианты для поправок GPS, в т.ч. WAAD, OmniSTAR. Использование этих поправок позволяет обеспечить точность проходов до  $\pm 10$  см.

Рис. 4. Приемник AgGPS 252



Рис. 5. Светодиодная панель AgGPS EZ-GUIDE PLUS или EZ-GUIDE 500

Панель в графическом виде показывает текущее положение транспортного средства и обеспечивает водителя дополнительной информацией при разворотах или вождении по изогнутым рядам. Она имеет графический дисплей с возможностью считывания данных при ярком солнечном свете.



Рис. 6. Полевой компьютер Insight с программным обеспечением

Полевой компьютер с программным обеспечением — система управления полевыми данными, используемыми для навигации, автоматического вождения, ведения записей, полевой съемки, площадной съемки, приложений с изменяемыми показателями.



Рис. 7. Контроллер AgGPS NAVCONTROLLER II

Контроллер, используя данные от GPS-приемника и внутренних датчиков, находящихся в состоянии покоя и работающих по 6 осям, передает команды для системы управления.



Рис. 8 – Датчик угла поворота колес

Датчик угла поворота колес предназначен для непрерывной обратной связи с системой управления трактором.



Рис. 9 – Управляющий клапан

Гидравлический клапан получает электрические сигналы от контроллера и преобразует их в гидравлические, которые система использует для удержания транспортного средства на заданном курсе.



Рис. 10 – Подруливающее устройство

Подруливающее устройство обеспечивает параллельное вождение с точностью до 10 см.



Рис. 11 – Базовая станция (RTK)

Базовая станция передает поправки GPS-положения на GPS-приемник трактора через радио или GSM-модем для определения координат с высокой точностью (погрешность менее  $\pm 2$  см).

Возможные варианты расположения оборудования на тракторе для параллельного вождения и автопилотирования показаны на рис. 12.

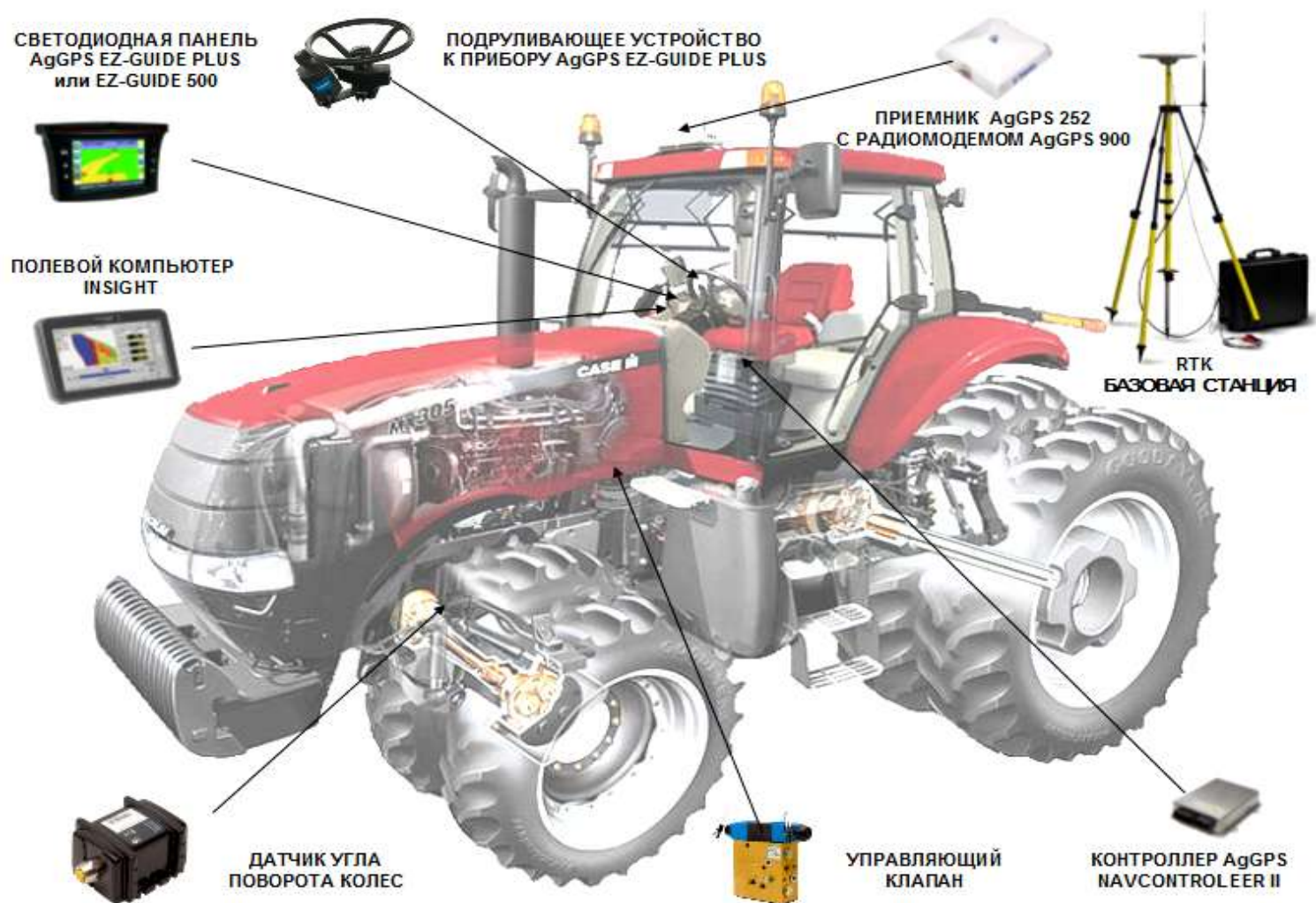


Рис. 12. Расположение оборудования для параллельного и автоматического вождения на тракторе (рисунок с сайта <http://www.trimble.com/agriculture/autopilot.aspx>)

Минимальный набор для параллельного вождения с точностью  $\pm 30$  см показан на рис. 13. Основными его компонентами являются: светодиодная панель, антенна, установочная площадка антенны, крепежная стойка, набор соединительных кабелей, программное обеспечение и инструкция по использованию.

Данное оборудование востребовано в связи с тем, что оно обеспечивает экономию средств. Например, в Европе экономический эффект от применения GPS-оборудования в сельском хозяйстве достигает 50...60 евро на гектар.

Кстати сказать, обычная спутниковая навигация, широко применяемая на автомобильном транспорте, может дать максимальную точность только около 2 м, что недопустимо для технологий точного земледелия. Применительно к системам навигации имеются понятия абсолютной и относительной точности. Абсолютная точность — это фактические координаты, при помощи которых определяется местонахождение объекта, например, строения, автомобиля, трактора или комбайна. Для систем точного земледелия можно ограничиться относительной точностью, т.е. текущим местоположением какого-либо объекта, например, относительно первого прохода, на данный момент времени. В зависимости от используемого оборудования относительная точность должна достигать значений порядка 2,5...30 см.



Рис. 13. Стандартные компоненты системы

В настоящее время в мире действуют несколько сервисов поправок, но в Российской Федерации работает только один — Omnistar HP/XP.

Сервис работает следующим образом: компания Omnistar имеет собственную сеть базовых станций, расположенных по всему миру. Они в автоматическом режиме вычисляют необходимую коррекцию сигнала, а затем через геостационарные спутники передают поправку на конкретный GPS-приемник.

Дополнительно к дифференциальным поправкам широко применяется режим RTK, при котором на территории хозяйства размещается своя стационарная или переносная базовая станция, и поправки на приемники высылаются с неё радиосигналом с частотой 450 либо 900 МГц. При этом не нужно покупать подписку на каждый приёмник, достигается достаточно высокая относительная точность позиционирования, но, с другой стороны, необходимы значительные разовые затраты на приобретение и установку оборудования. К тому же существует ограничение по площади действия, обуславливаемое характеристиками сигнала. Так, для стационарной базовой станции это ограничение — круг радиусом 11 км, в центре которого находится базовая станция, для переносной — немного меньше. За рубежом несколько хозяйств объединяют свои RTK для снижения общих затрат и более полного перекрытия полей, при этом также может осуществляться перепродажа сигнала.

Так как точность вождения напрямую зависит от точности измерений GPS-приёмника, то очень важно знание механизаторами основных принципов работы приёмников. На точность определения местоположения влияет несколько основных факторов: временные рассогласования, количество одновременно наблюдаемых спутников, атмосферная интерференция, вариации орбит спутников, многолучевое распространение сигнала и др.

Системы параллельного вождения и автопилотирования помогают точно соблюдать расстояния между проходами машин при выполнении полевых работ. При их использовании технологические операции выполняются с минимальными перекрытиями, экономятся рабочее и машинное время, топливно-смазочные материалы, семена, удобрения и средства защиты растений. Навигация очень удобна для опрыскивания, которое лучше проводить ночью, когда ниже температура воздуха и отсутствует ветер. Таким образом, преимуществами систем параллельного вождения являются:

- точность движения агрегатов по междурядьям;
- снижение нагрузки на тракториста (машиниста);
- возможность работы в темное время суток и в условиях плохой видимости.

Для этого системы параллельного вождения (рис. 14) имеют специальный интерфейс, существенно облегчающий работу.

Движение может осуществляться как по прямолинейным, так и по криволинейным траекториям (рис. 15), однако точность ведения, особенно при работе с прицепными агрегатами, выше при движении по прямым линиям.



Рис. 14. Навигационный прибор EZ-Guide 500 Lightbar для системы «Автопилот» в работе

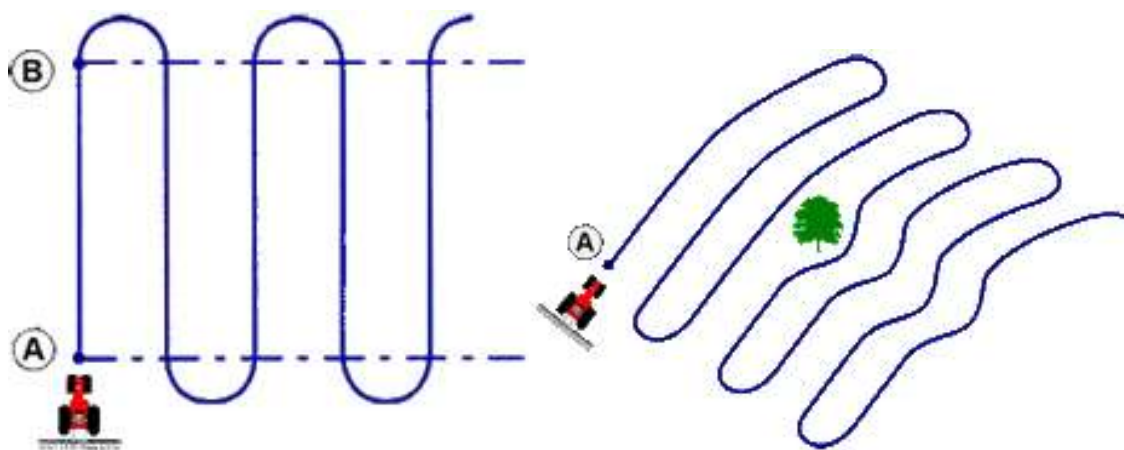


Рис. 15. Возможная траектории движения агрегатов (рисунок с сайта [http://www.geomir.ru/ag\\_navigation\\_ru](http://www.geomir.ru/ag_navigation_ru))

Испытания навигационной системы в России, проведенные Центром «Геомир» в 2004 г. на площадях ООО «Интеко-Агро» в Белгород-

ской области, показали: установка системы на неподготовленный трактор John Deere занимает около 10 мин.

Бригадой механизаторов из 12 человек, ранее не работавших с системой параллельного вождения, было обработано поле культиватором «Хорш» (18,3 м) по два прохода длиной около 800 м, при этом ошибка в расстоянии между рядами составила 25 см. Использовалась поправка VBS спутника Omnistar. У систем параллельного вождения и автопилотов имеется одна особенность. «Сердце» этих систем — GPS-приемник — относится к типу датчиков, ввоз и продажа которых на территории России строго контролируется государством. Поэтому их законная реализация возможна только после сертификации и лицензирования. Для ряда систем эти процедуры уже проведены, и они разрешены к продаже.

В табл. 1 представлены данные трехлетних исследований величин стыковых междурядий при посевах различных культур по маркеру и с использованием системы «Автопилот» (рис. 16, 17) в РГАУ — МСХА имени К.А. Тимирязева.

Таблица 1

Значения ширины стыковых междурядий и отклонений от стандартной величины междурядий сеялки

Культура	Сеялка D9-30 (отвальный фон)				DMC (минимальный)	
	по маркеру		автопилот		автопилот	
	ширина стыкового междурядья, см	отклонение, см	ширина стыкового междурядья, см	отклонение, см	ширина стыкового междурядья, см	отклонение, см
2008 г.						
Ячмень	15,4	+3,4	13,5	+1,5	—	—
2009 г.						
Ячмень	14,0	+2,0	12,3	+0,3	17,3	-1,5
Вика + овес	—	—	17,5*	- 1,3*	18,1	- 0,7
Озимая пшеница	16,3	+4,3	14,3	+2,3	17,3	-1,5
2010 г.						
Ячмень	15,2	+3,2	13,2	+1,2	18,1	- 0,7
Вика + овес	—	—	13,7	+1,7	19,1	+0,3
Озимая пшеница	17,0	+5,0	13,5	+1,5	20,2	+1,4

Примечание. Ширина междурядий сеялок D9-30 — 12 см, DMC — 18,75 см.



Рис. 16. Вид стыкового междурядья при посеве по маркеру



Рис. 17. Вид стыкового междурядья при посеве по автопилоту

Посев зерновых культур (озимой пшеницы и ячменя) проводился в одном случае по автопилоту, в другом по маркеру. При этом посев озимой пшеницы и ячменя на отвальном фоне осуществлялся рядовой сеял-

кой D9-30 Amazone (далее по тексту D-9-30) с применением системы «Автопилот» и маркера. По варианту нулевой (без обработки) и минимальной обработок почвы проводился посев пневматической сеялкой прямого посева DMC Primera-3000 Amazone, (далее по тексту DMC) только с использованием автопилота. Посев викоовсяной смеси проводился двумя сеялками: D9-30 на вспашке, DMC на нулевом варианте только с применением автопилота.

В ходе исследований наблюдалась неодинаковая ширина стыковых междурядий между смежными проходами сеялок при посеве зерновых культур и викоовсяной смеси по маркеру и автопилоту. Так, в 2008 г. сеялкой D9-30 высевали ячмень по варианту отвальной обработки почвы. При этом получены отклонения значений стыковых междурядий от стандартной ширины междурядий, предусмотренных конструкцией сеялки, в случае посева ячменя по маркеру 3,4 см, с использованием автопилота — 1,5 см.

Несмотря на сравнительно хорошие средние значения отклонений (0,63 и 2,98 см в первом повторении и 1,59 и 2,68 см во втором соответственно), посев ячменя по маркеру (рис. 16) показал большее расхождение в параметрах стыковых междурядий — от +13,75 см до — 9,0 см. Такая нестыковка междурядий может иметь негативное значение, особенно при выращивании пропашных культур. При использовании системы «Автопилот» таких существенных отклонений не наблюдалось (рис. 17). Что же касается работы автопилота на отвальном и минимальном фоне, то отклонения на последнем имеют меньшие значения, так как на более плотной почве легче осуществляется управление трактором.

Необходимо отметить ещё одно важное достоинство системы «Автопилот» по сравнению с маркером. При работе по системе нулевой обработки почвы след от маркера, особенно в сумерки, не очень хорошо виден. «Автопилот» же позволяет работать в круглосуточном режиме. Одно это обстоятельство может существенно повысить эффективность работ в сельском хозяйстве: два механизатора могут работать по очереди на одном тракторе без перерыва 24 часа в сутки и проводить посевную в кратчайшие и лучшие агротехнические сроки (рис. 18).

В 2010 г. несоответствия в ширине стыковых междурядий для отдельных культур проявились следующим образом. У озимой пшеницы при посеве по отвальной обработке D9-30 по маркеру получено расстояние между смежными проходами сеялки 5 см, у ячменя — 3,2 см. При посеве по автопилоту получены результаты: 1,5 и 1,2 см. соответственно. Для вики с овсом эта величина равнялась 1,7 см. Отклонения при посеве этих культур сеялкой DMC с использованием системы GPS соста-

вили: для озимой пшеницы — 1,4 см; ячменя — 0,7 см; вики с овсом — 0,3 см. При ширине междурядий сеялки 18,8 см данные несоответствия вполне допустимы.



Рис. 18. Работа в ночное время с использованием системы «Автопилот»

На пропашных культурах, помимо точной посадки, требуется проведение междурядных обработок. Поэтому, при использовании навигационных систем необходима высокая точность ведения агрегата.

В ходе экспериментов была предпринята попытка адаптировать систему «Автопилот» под междурядную обработку картофеля. Под картофель был выбран участок на склоне, чтобы сделать работу автопилота более сложной (рис. 19). В компьютер системы «Автопилот» в задание для гребнеобразователя были загружены траектории, пройденные картофелесажалкой (рис. 20).

Автопилот без труда справлялся с такими задачами, которые обычному механизатору было бы выполнить очень тяжело, так как трактор стаскивало вниз по склону. Системе «Автопилот» удалось подруливать трактор, движущийся практически боком. Как результат – идеально прямолинейные гребни и дружные последующие всходы даже на склоне (рис. 21).



Рис. 19. Посадка картофеля на склоне с использованием системы «Автопилот»



Рис. 20. Гребнеобразование картофеля с использованием системы «Автопилот»



Рис. 21. Идеально прямолинейные гребни и всходы картофеля (посадка и гребнеобразование проводились по автопилоту)

Посадка картофеля осуществлялась картофелесажалкой GL-34Т по автопилоту и по маркеру (см. рис. 19). Заданная траектория движения агрегата, с использованием системы GPS, повторялась на варианте точного земледелия в ходе проведения гребнеобразования по всходам картофеля. По традиционной технологии возделывания картофеля этот прием проводился визуально, т.е. движением агрегата управлял механизатор. Ширина междурядий между проходами картофелесажалки при использовании маркера и автопилота отличалась по отдельным годам незначительно, составляя по традиционной технологии интервал в среднем от 60...65 до 80...85 см, т.е. отклонение от стандартного междурядья сажалки (75 см) находилась в пределах от — 15 до + 10 см. Применение системы «Автопилот» обеспечивало отклонение от прямолинейности смежных рядков от 2,8 до 3,0 см (табл. 2).

Таблица 2

Ширина стыковых междурядий и расположение растений картофеля на гребне при различных технологиях возделывания

Год	Ширина междурядий при посадке, см		Расположение растений от центра гребня, см	
	маркер	автопилот	маркер	автопилот
2008	62...85	75 ± 3,5	± 10...13	± 3,5
2009	65...81	75 ± 2,8	± 6...10	± 2,8
2010	60...80	75 ± 3,3	± 5...15	± 3,3

Важным условием развития полноценного растения картофеля является его расположение по отношению к центральной части гребня, формируемое в ходе проведения гребнеобразования после появления всходов. Гребнеобразование в посадках картофеля, возделываемых по традиционной технологии, обеспечивало формирование растений картофеля с отклонениями от центра от 10 до 15 см (рис. 22б). Это приводило к одностороннему изменению нарастания вегетативной части, неравномерности в образовании и развитии подземных клубней, а главное, снижению качества продукции из-за появления большого количества зеленого картофеля.

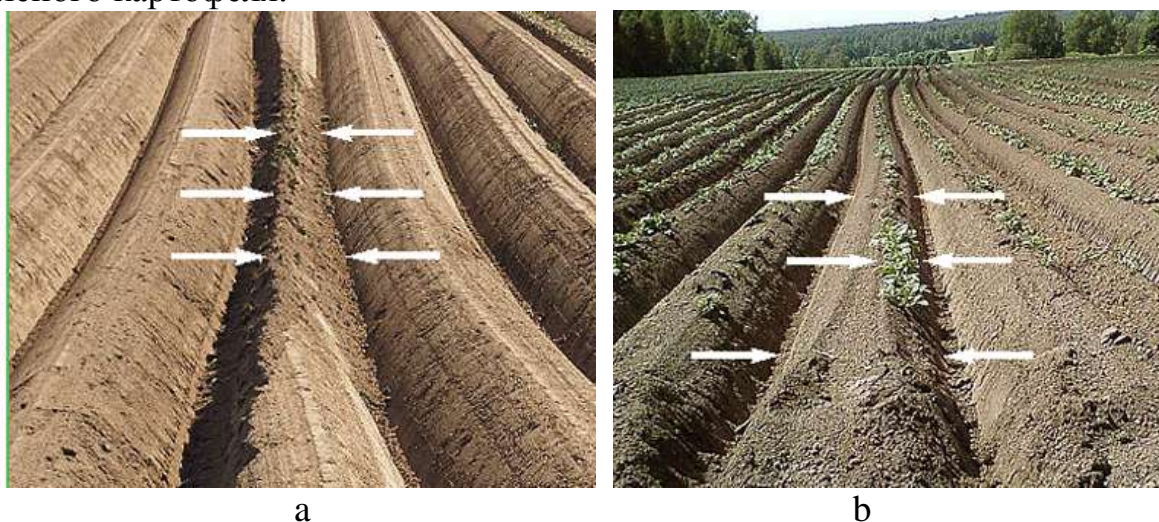


Рис. 22. Возможные проблемы при гребнеобразовании картофеля (работа без автопилота): а) сужение гребня; б) отклонение от центра

При применении технологии точного земледелия растения картофеля располагались по центру рядка с отклонением от 2,8 до 3,5 см. Сочетание двух проходов агрегата по полю, а именно, посадки и гребнеобразования картофеля представлены в табл. 3.

Таблица 3

Частота встречаемости (%) отклонений растений картофеля от центра гребня в опыте РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Отклонение, см	По маркеру		GPS	
	Минимальная	Отвальная	Минимальная	Отвальная
0...2	14	17	40	41
3...5	35	20	48	37
6...8	25	24	10	15
9...11	17	25	2	6
12...14	7	14	—	1
>14	2	—	—	—

Проведение обработок с применением автопилота на основе системы GPS, с корректировкой сигнала в режиме реального времени, показывает высокую точность. Так, на вспашке критические отклонения (рис. 23, обозначение L) свыше 8 см составили 7 % случаев, на минимальной обработке — 2 %. При посадке по маркеру и глазомерном гребнеобразовании критические отклонения встречаются чаще, соответственно в 39 и 26 % случаев.

Таким образом, при работе с пропашными культурами к системе ГЛОНАСС и техническим средствам автоматического ведения МТА предъявляются следующие требования: ведение агрегатов в реальных полевых условиях из-за наложения одного прохода на другой должно достигать точности в отклонениях каждого прохода не более  $\pm 4$  см по рабочим органам в 95 % случаев. В настоящее время такую точность обеспечивает система GPS с применением дополнительной базовой станции.

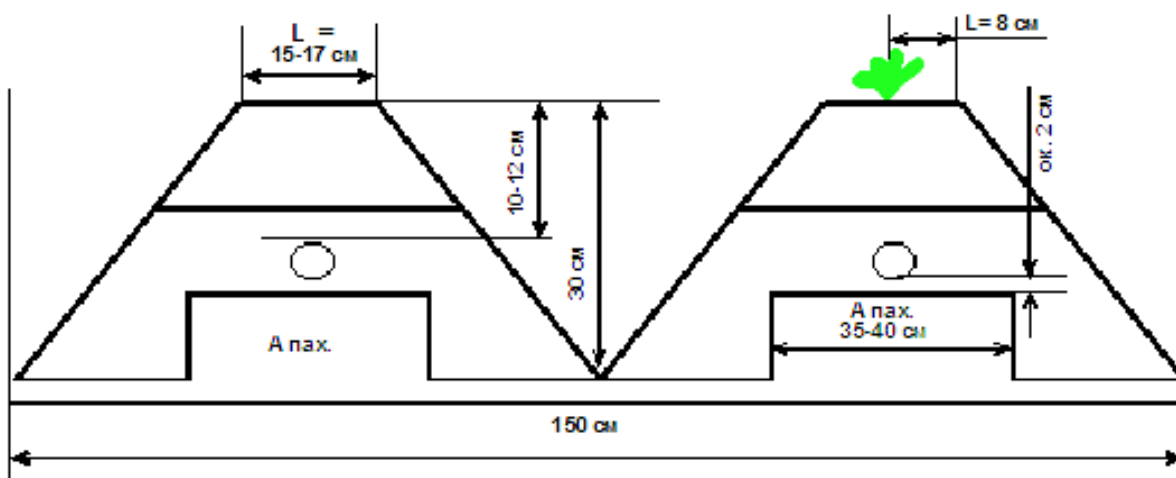


Рис. 23. Иллюстрация и схема гребнеобразования в посадках картофеля:  
L — расстояние от растения до центра гребня

Необходимо отметить, что кроме высокоточной системы обработки спутниковых навигационных сигналов необходима соответствующая автоматическая система управления трактором, так как ни один механизатор вручную не в состоянии обеспечить требуемую точность движения. Скажем, компания John Deere уже на заводах устанавливает на свои тракторы системы типа «Автопилот». Есть и другие системы подруливания, реагирующие на соответствующие навигационные сигналы. Можно установить сервопривод на рулевое управление трактора, который тоже будет автоматически управлять движением машины. Однако установка такого сервопривода на серийный трактор МТЗ-1221 не имела успеха из-за очень «тугого» руля (усилия поворота на руле): электронная система воспринимала данное усилие как попытку человека взять управление «на себя» и автоматически отключалась. Сейчас на Минском тракторном заводе начат выпуск тракторов с гидравликой производства фирмы Bosch (Sauer-Danfoss), и теперь, возможно, удастся оснастить их соответствующими системами подруливания.

Тенденция на сегодняшний день такова, что без сомнения, за системами параллельного вождения и автопилотами будущее современного сельскохозяйственного производства.

#### **Контрольные вопросы и задания**

1. В чем различия параллельного и автоматического вождений автотракторной техники? 2. Какое оборудование необходимо для осуществления параллельного и автоматического вождения? 3. Для каких целей предназначена RTK-станция? 4. Какова необходимая точность позиционирования техники при посеве зерновых культур? 5. Что подразумевается под абсолютной точностью позиционирования? 6. Для каких целей необходимы сервисы поправок?

#### **4. КАРТИРОВАНИЕ В СИСТЕМЕ КООРДИНАТНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Традиционный метод агрономической оценки качества поля — построение картограммы почвенных свойств. Производится отбор небольшого количества проб почвы с разных участков поля или отбор одного смешанного образца с определенной площади. Затем в агрохимической лаборатории проводится качественный и количественный анализ проб. В почве определяют содержание гумуса, уровень кислотности, буферность, количество основных элементов минерального питания растений (азот, фосфор, калий, железо, кальций, магний) и микроэлементов (цинк, бор марганец, медь, сера и др.), а также, по необходимости, определяется ряд других показателей.

На основании проведенного анализа почв выдаются рекомендации по системе минерального питания растений или ее корректировке. При этом они могут содержать рекомендации как по основному (почвенному), так и по некорневому (листовому) питанию растений.

Картограмма плодородия почвы — основа и отправная точка для получения высоких урожаев. В традиционной земледелии используют отбор небольшого количества проб почвы или отбор одного смешанного образца с определенной площади. В точной земледелии отбор проб с каждого поля производится по сетке, узлы которой заданы с определенной частотой, и благодаря системе навигации имеют точные координатные привязки. Например, в Германии на каждом сельскохозяйственном поле пробы почвы отбираются по постоянной фиксированной сетке (одна проба на 0,25 га) каждые пять лет. Для более подробного картирования сетка отбора проб может быть более частой. Отобранные по сетке почвенные пробы анализируются в агрохимической лаборатории на содержание основных элементов минерального питания растений, затем эти данные вводятся в программу в системе координат, что позволяет получить карту плодородия каждого конкретного поля. Полученная информация — карта и уровни плодородия в каждой точке — загружается в специализированную программу (например, SMS Advanced или Agrar-Office), которая формирует задание для бортового компьютера, регулирующего дозы внесения удобрений с машины (по технологии off-line). Таким образом, для каждого участка поля рассчитываются и вносятся расчетные дозы именно тех удобрений и микроэлементов, которые необходимы именно на этом участке.

Отбор образцов по сетке может быть осуществлен с любой точностью, которую может обеспечить навигационная система. Внесение удобрений осуществляется с той точностью, которую обеспечивает разбрасыватель. Поэтому построение картограмм плодородия и картограмм применения удобрений (файлов предписания) должно основываться на размерах ширины разбрасывателя удобрений.

Контролировать равномерность плодородия почвы можно не только с помощью отбора проб и проведения агрохимических анализов, но и по состоянию посевов: во время вегетации с использованием сканеров, измеряющих индекс NDVI<sup>1</sup>, во время уборки урожая разными способами

---

1 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) — нормализованный относительный индекс растительности (вегетационный индекс) — простой показатель количества фотосинтетически активной биомассы. Это один из самых распространенных индексов для количественных оценок растительного покрова. Вычисляется по следующей формуле:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED),$$

где NIR — отражение в ближней инфракрасной области спектра; RED — отражение в красной области спектра.

— методом учетных делянок разного размера или с использованием датчиков урожайности во время прямого комбайнирования.

Сетку для автоматического отбора проб мы можем задать любого масштаба, все зависит от цели картирования. Если нашей целью является дифференцированное внесение удобрений, то имеет смысл опираться на ширину захвата опрыскивателей или разбрасывателей удобрений, и выбирать масштаб отбора проб в строгом соответствии с площадью захвата. В то же время размеры площадок для определения индекса NDVI зависят от модели прибора, и могут составлять от сотых долей до нескольких единиц квадратных метров. Контроль равномерности и однородности посевов с помощью NDVI позволяет оценить не только неоднородность плодородия почвы, но и пятнистость, обусловленную засоренностью посевов или распространением болезней. Однако, с какой бы подробностью мы не исследовали индекс NDVI на поле, точность обработки посевов все равно определяется шириной захвата опрыскивателя или диаметром факела форсунки опрыскивателя, если предусмотрена возможность по отдельности отключать форсунки.

На примере одного поля в рамках севооборота на опыте Центра точного земледелия проведено сравнение разномасштабных картограмм почвенных свойств для оптимизации составления карт плодородия почвы. Почвенный покров участка, отведенного под севооборот опыта ЦТЗ исторически неоднороден, и на первом этапе работ нами были наиболее подробно исследованы почвенные свойства одного из полей опыта размером  $100 \times 140$  м (далее поле). Исследования взаимосвязи почвенных свойств и урожайности культур на данном поле проводились в 2009 и в 2011 гг.

Для характеристики пространственной неоднородности распределения отдельных почвенных свойств на этом поле в 2009 г. из пахотного слоя по случайной схеме (рис. 24) были отобраны 108 индивидуальных образцов, в которых определены  $pH_{K_{Cl}}$ , содержание подвижных фосфора и калия (в вытяжке Кирсанова), и некоторые другие показатели. В 2009 г. на этом поле согласно схеме севооборота бы посеян ячмень (*Hordeum vulgare*, сорт «Михайловский»), в 2011 г. — озимая пшеница (линия Л-15). Урожайность зерновых культур в оба года исследования определялась на всей площади поля дробным методом учета с применением малогабаритного самоходного комбайна Сампо. Учет проведен на всей площади поля. Размер учетных площадок составил  $20 \times 1,5$  м, количество учетных площадок на поле — 356 шт.

Для построения картограмм распределения почвенных свойств и урожайности использован специализированный программный пакет

SMS Advanced (компания AG Leader, USA), предназначенный для обработки пространственных данных в точном земледелии.

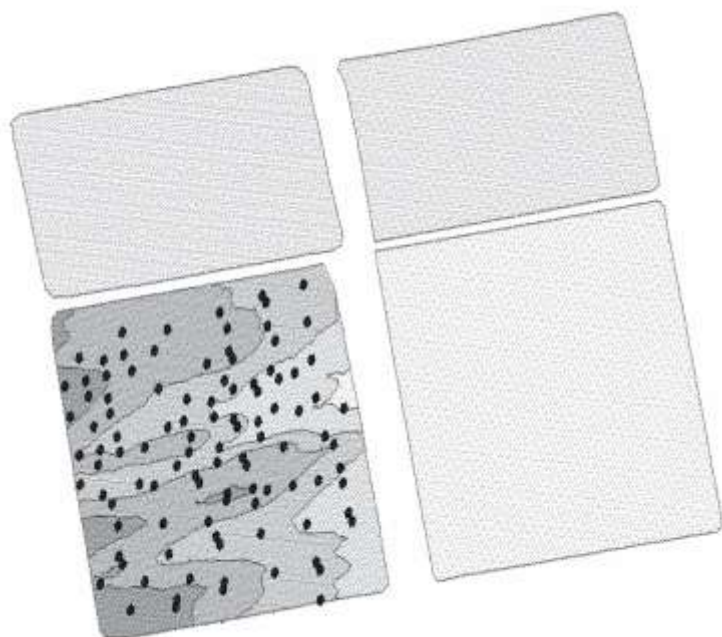


Рис. 24. Расположение полей 4-польного севооборота опыта Центра точного земледелия (точками показаны места отбора почвенных проб на одном из полей севооборота)

На примере пространственного распределения фосфора ( $P_2O_5$ ) в пахотном слое почвы на поле можно сравнить разные способы представления полученных данных отбора проб (рис. 25).

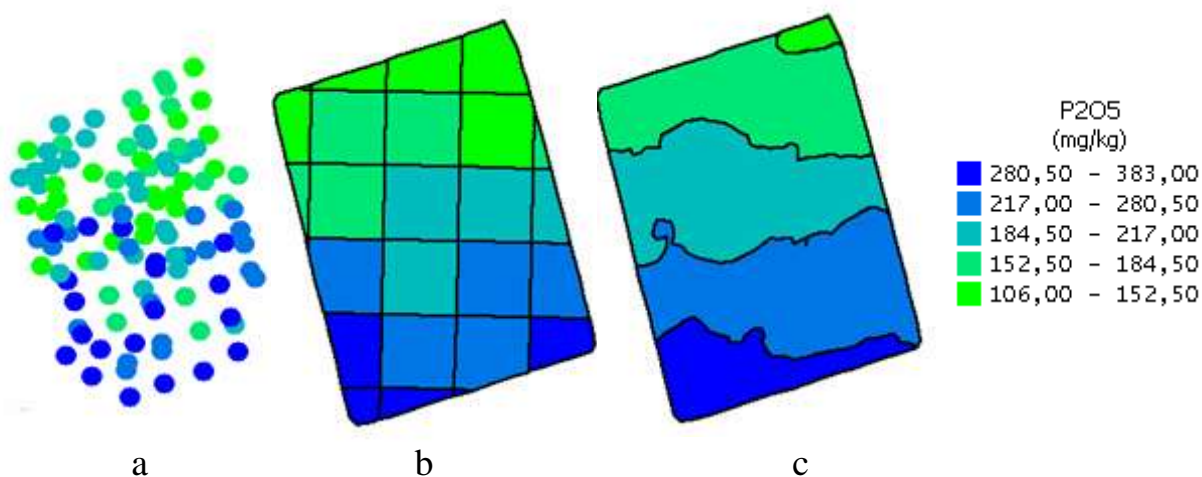


Рис. 25. Различное представление данных о пространственной изменчивости содержания подвижного фосфора в пахотном слое почвы:  
а) точки диаметром 10 м; б) сетка 30×30 м; с) контурная карта

Данные по агрохимическим показателям свойств почвы могут быть получены только точечным методом с указанием координат точек (рис. 24), и на основании этих данных строится картограмма или контурная карта распределения почвенных свойств. В зависимости от способа ком-

пьютерной обработки и представления данных (размера сетки), карты будут выглядеть по-разному (рис. 25).

При построении карты распределения индекса NDVI (рис. 26) или урожайности (рис. 27) наблюдаем обратную картину: данные в поле поступают в виде непрерывных измерений или методом дробного учета, а предоставляются в виде карты либо как отдельные точки, где каждая точка соответствует центру учетной площадки, либо как построенные опять же с отдельных точек контура или картограммы.

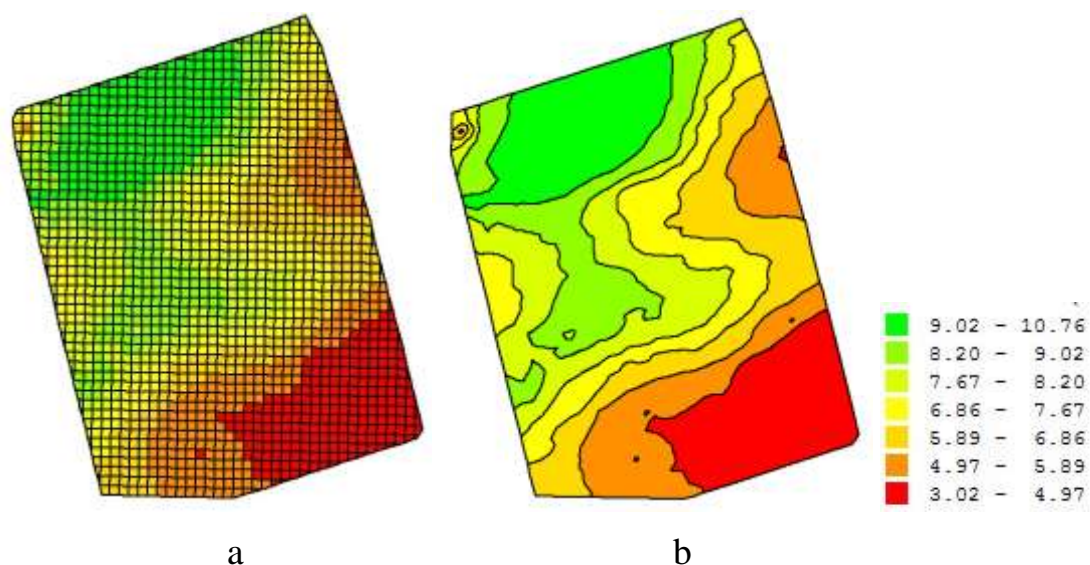


Рис. 26. Иллюстрации распределения биомассы ячменя (т/га) во время вегетации (июль): а) сетка  $3 \times 3$  м; б) контурная карта

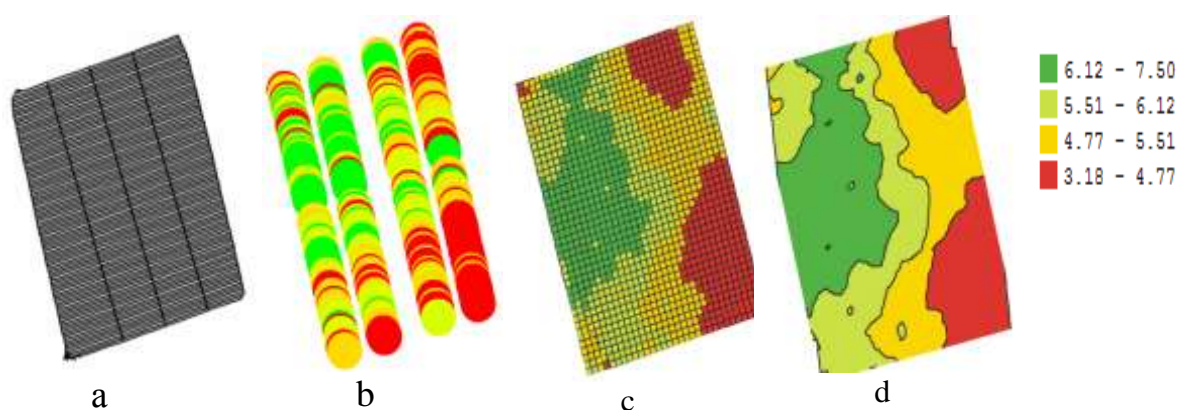


Рис. 27. Различное представление данных об урожайности ячменя (т/га): а) сетка дробного учета урожайности; б) точки по центру каждой ячейки сетки дробного учета, диаметр точки 10 м; в) сетка  $3 \times 3$  м; д) контур

На рис. 27 показаны разные способы представления данных об урожайности ячменя на одном и том же опытном поле. На рис. 27а показана сетка дробного учета урожайности, узкие делянки расположены встык друг к другу и покрывают все поле, размер каждой учетной делянки составляет  $1,4 \times 20$  м. При построении точечной карты по данным дробного учета каждая учетная делянка преобразуется в точку (рис. 27b). Однако точечная схема не очень привычна для визуального восприятия картограммы, поэтому последняя может быть представлена и другими способами. Например, можно задать новую сетку с ячейкой любого размера (в нашем примере размер сетки  $3 \times 3$  м, рис. 27с) или построить контурную карту (рис. 27d).

Программный пакет SMS Advanced позволяет оценивать степень взаимосвязи между отдельными характеристиками почвы пахотного слоя, распределением индекса NDVI и урожайностью культуры. К преимуществам этого пакета относится возможность сопоставлять данные, полученные по разным схемам опробования, поскольку в точки, не попавшие в сетку опробования можно интерполировать значение показателя из других точек, что видно из приведенных выше примеров.

Помимо разномасштабности получаемой на поле информации, существует еще одна проблема, о которой не следует забывать, а именно, экономический аспект агрохимического обследования почвы. Чем больше образцов отбирается и анализируется в лаборатории, тем дороже обходится составление такой карты. Альтернативой отбору проб по сетке является отбор проб по контурам электропроводности, которые выявляются с помощью специальных сканеров электропроводности и магнитной восприимчивости почвы.

Электропроводность почвы (и обратная ей величина — электрическое сопротивление) зависит от влажности, содержания подвижных ионов в почве и других показателей. По показателям электропроводности делаются предварительные выводы об агрофизических и агрохимических свойствах почвы. Следует отметить, что для подобных предсказаний требуется предварительная калибровка, поскольку на степень выраженности зависимости могут влиять другие факторы, в первую очередь погода. Однако быстрота и простота этого метода делают его перспективным для оценки качества пахотных почв.

По карте электропроводности на поле выделяются средний фон и наиболее контрастные пятна, которые обследуются более детально. То есть, вместо первичного отбора проб по сетке составляется контурная карта электропроводности (или электрического сопротивления) почвы, и затем образцы для подробного анализа отбираются по контурам. Важно,

что при составлении карты электропроводности почвы, необходимое количество почвенных образцов может быть сокращено в несколько раз.

Сканеры электропроводности бывают разных конструкций, контактные и бесконтактные (рис. 28).



Рис. 28. Сканер электропроводности почвы  
(рис. с сайта <http://www.eco-razum.com>)

В настоящее время в передовых агропромышленных комплексах имеются мобильные агрохимические лаборатории, оснащенные средствами спутниковой навигации, способные проводить быстрый отбор и анализ проб с использованием передвижных лабораторий.

Основная задача пробоотборника мобильной лаборатории (рис. 29) на первом этапе заключается в определении координат и привязке к ним точек отбора проб или смешанного образца. Затем данные загружаются в специальную ГИС-программу, например SMS Advanced или Agrar-Office, где после проведения агрохимического анализа каждой точке отбора проб, имеющей конкретные координаты, присваивается содержа-

ние элементов минерального питания растений и другая информация о почве. Далее программа в автоматическом режиме производит построение контурных агрохимических карт, а при необходимости, формирует задание для бортового компьютера машины для внесения удобрений. В результате на разные участки поля будет внесено именно то количество тех удобрений и микроэлементов, которые согласно лабораторному исследованию, необходимы именно этому участку. Это весьма трудоёмкая процедура.



Рис. 29. Передвижная почвенная лаборатория точного земледелия (рисунок с сайта <http://www.agromdt.ru>)

Наиболее современные мобильные анализаторы свойств почв представляют собой комплекс приборов, смонтированный на прицепное устройство автомобиля повышенной проходимости (рис. 30). В комплекс приборов входят сканер электропроводности, датчик влажности почвы, электрод рН-метра, оптический датчик для определения отражающей способности почвы (по нему судят об обеспеченности почвы органическим веществом), емкость для воды и омывающие форсунки для промывания рН-электродов после использования.

#### **4.1. Изучение неоднородности верхнего слоя почвы в опыте Центра точного земледелия**

Измерения электрического сопротивления почвы на одном из полей проводились в мае 2010 г. прибором LandMapper™ ERM-02. Влажность почвы соответствовала наименьшей влагоемкости, поэтому ее

влияние на измерения было минимальным, так что им можно было пренебречь. Прибор был настроен, чтобы электрическое сопротивление почвы измерялось на глубину до 30 см, то есть с полным захватом пахотного слоя.



Рис. 30. Мобильный анализатор свойств почвы от компании Veris Technologies с системой навигации Garmin

Одновременно с измерением электрического сопротивления (ERR) проводилось измерение сопротивления пенетрации на трех глубинах 10, 20 и 40 см — T1, T2 и T3 (соответственно) специальным прибором с коническим плунжером. Географические координаты точек отбора проб фиксировались при помощи приемника GPS Garmin (точность привязки в градусах: восемь знаков после запятой) и в линейных локальных координатах с привязкой к границе поля с точностью  $\pm 0,5$  м. Число точек определения электрического сопротивления и сопротивления пенетрации составило 135.

Электрическое сопротивление почвы обнаруживает отрицательную связь между сопротивлением пенетрации на всех трех глубинах. Иными словами, чем больше усилие, затрачиваемое на проникновение на определенную глубину, тем меньше электрическое сопротивление почвы.

По-видимому, это связано с тем, что с повышением твердости почвы увеличивается контакт между почвенными частицами, что и приводит к уменьшению электрического сопротивления.

Из исследованных свойств небольшие, но значимые корреляции отмечаются между электрическим сопротивлением и величинами рН, емкостью катионного обмена и содержанием подвижного калия. Это не противоречит ранее полученным данным, однако слабая степень связи может быть обусловлена влиянием других, не учтенных факторов.

Сопротивления пенетрации на разных глубинах оказываются тесно связанными между собой, причем корреляции между соседними слоями более высокие. Такие зависимости объясняются существованием определенных зон, где плотность увеличена на всей глубине пахотного слоя и даже глубже. Очевидным образом эти зоны приурочены к площадкам опыта, где применялась нулевая обработка почвы (рис. 31).

Все агрохимические свойства, за исключением пар рН–ЕКО и рН– $K_2O$ , обнаруживают значимые и иногда не вполне логически объяснимые связи. Наиболее тесно связаны между собой показатели содержания подвижного фосфора и емкости катионного обмена (связь отрицательная) и гидролитическая кислотность и содержание фосфора (связь также отрицательная). Получается, чем меньше емкость катионного обмена и ниже гидролитическая кислотность, тем выше содержание фосфатов. Возможно, подобные связи являются не причинно-следственными, а отражают воздействие других факторов, например, внесение различных доз удобрений на отдельные участки.

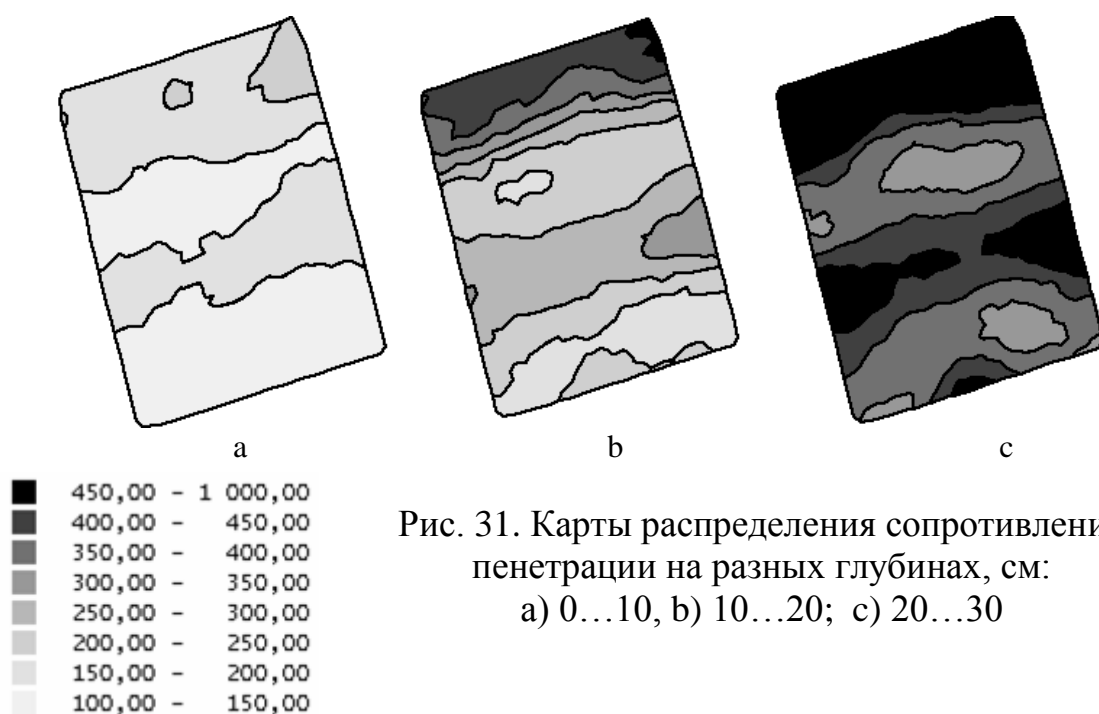


Рис. 31. Карты распределения сопротивления пенетрации на разных глубинах, см:  
а) 0...10, б) 10...20; в) 20...30

Это можно продемонстрировать путем сравнения картограмм подвижного фосфора и калия, на которых видно, что на одних участках связь между показателями отрицательная, т.е. повышенному содержанию калия соответствует пониженное содержание фосфора (правый верхний угол поля), а на других — положительная (рис. 32). В левом нижнем углу поля повышенному содержанию калия соответствует повышенное содержание фосфора.

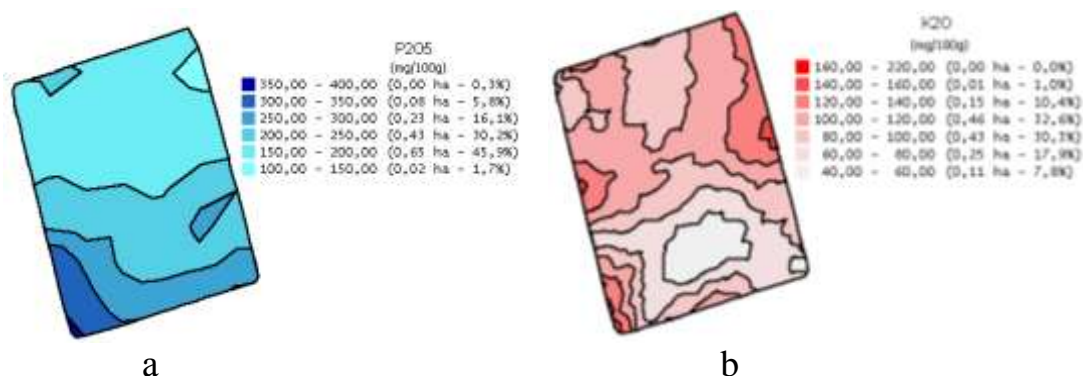


Рис. 32. Содержание в почве подвижного фосфора а) и подвижного калия б) на опытном поле Центра точного земледелия РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

Вся накопленная информация о свойствах почвы должна храниться в единой базе данных. В базе данных в первую очередь фиксируются координаты точек и контуров неоднородности, свойства почвы в них, а также информация о биомассе посевов во время вегетации, об урожайности и др.

Неоднородность почвенных условий можно оценить не только непосредственно по результатам анализов почвы или карте электропроводности, но и косвенным способом, отклику растений. Одним из альтернативных способов оценки неоднородности почвенных условий может служить обследование посевов во время вегетации (сканирование биомассы), или, как частный случай такого сканирования — дробный учет урожайности, т.е. для составления картограммы неоднородности почвы можно идти от обратного и не анализировать состояние почвы, а во время уборки оценивать урожайность не в среднем по всему полю, а на каждом конкретном его участке. Исходя из этих данных, составляется карта урожайности поля. По этой карте, зная, какие участки поля дали больший урожай, а какие меньший, можно планировать программу внесения удобрений, возвращая почве то, что было у неё взято.

## 4.2. Картирование урожайности

При построении карты распределения индекса NDVI или урожайности (рис. 33) данные получают методом сплошного учета или непрерывных измерений и представляют в виде карты либо как отдельные точки, где каждая точка соответствует центру учетной площадки, либо в виде контура или картограммы.

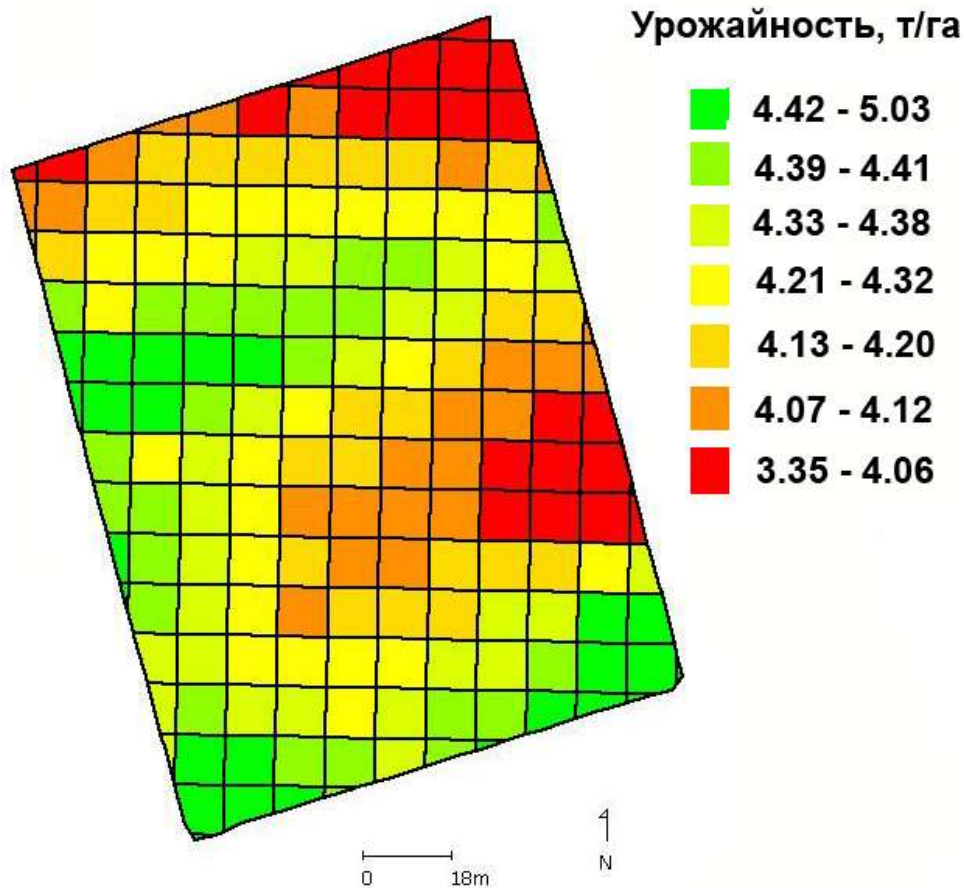


Рис. 33. Картограмма урожайности озимой пшеницы на поле Центра точного земледелия РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в 2010 г.

Картирование урожайности в технологиях точного земледелия подразумевает комплекс мероприятий с использованием спутниковых навигационных систем, в основном заключающийся в сборе, обработке и хранении данных об урожайности и влажности зерна в процессе комбайновой уборки.

Для осуществления картирования урожайности на зерноуборочный комбайн устанавливается комплекс следующего оборудования: приемник сигнала GPS (рис. 34), датчик положения жатки (рис. 35), датчик потока зерна (рис. 36), датчик влажности зерна (рис. 37), дисплеи Insight (см. рис. 12).



Рис. 34. Приемник сигнала GPS

Приемник сигнала GPS предназначен для регистрации положения объекта на местности.



Рис. 35. Датчик жатки

Датчик жатки устанавливается под кабиной, а рычаг датчика присоединяется к наклонной камере молотилки. Предназначен для включения и выключения процесса регистрации (расчёта) убранной площади.



Рис. 36. Датчик потока зерна

Датчик потока зерна основан на технологиях пьезодатчика или светодиода и определяет количество материала, проходящего через элеватор комбайна.



Рис. 37. Датчик влажности зерна

Датчик влажности устанавливается сбоку на площадке элеватора и служит для измерения влажности и температуры зерна во время обмолота

Накопление информации осуществляется в режиме реального времени, непосредственно при уборке урожая, при этом комбайнер на основе урожайности и влажности зерна имеет возможность изменять режимы работы комбайна.

Кроме создания карт урожайности и влажности зерна по убираемой площади, навигационная система создает карты высотной отметки, скорости, выхода урожая по массе, а также расчетного объема урожая в сухом состоянии.

За счет применения навигационной системы, например, EZ-GUIDE 500 с подруливающим устройством или аналогичного оборудования,

можно также осуществлять и параллельное вождение комбайна, что достаточно актуально в ночное время.

Полученные от датчиков данные отображаются на дисплее полевого компьютера Insight и одновременно записываются на съемную флеш-карту, а при необходимости могут копироваться для последующей работы на стационарный или переносной компьютер.

Возможные варианты расположения оборудования для картирования урожайности на зерноуборочном комбайне показаны на рисунке 38.

Как уже отмечалось, ГИС программы имеют широкие технические возможности не только в случае обработки полученной информации и построении карт урожайности, особенно при выявлении проблемных зон на регистрируемых участках поля, но и способны осуществлять подготовку подробных отчетов о выполняемых на данном поле сельскохозяйственных работах. Несомненно, данная информация в настоящее время необходима как современному агроному, так и руководителю сельскохозяйственного предприятия для системного анализа, оценки рентабельности конкретных сельскохозяйственных площадей и выработки последующих решений не только по повышению урожайности и качества зерна, но и в целом по их использованию в дальнейшем.

По этой карте, зная, расположение участков поля с большей или меньшей урожайностью, можно планировать программу внесения удобрений, возвращая почве использованные элементы. На основании полученных данных можно сформировать карту рентабельности участков поля. Известны случаи, когда одна половина поля была рентабельной, а другая – убыточной. В таком случае следует принять решение о дальнейшем использовании «убыточных» участков. Возможно, внести поправки в систему севооборота, изменить агротехнологические приемы их возделывания или даже отказаться от обработки убыточных участков.

О степени взаимосвязи между свойствами очень часто судят по величине коэффициента корреляции. Особенно актуальна оценка коэффициентов корреляции применительно к точному земледелию, ведь именно по этим показателям можно судить об эффективности тех или иных агротехнических мероприятий на поле.

### **Контрольные вопросы и задания**

1. Какое оборудование необходимо для составления карты плодородия? 2. Как и для каких целей измеряется электрическое сопротивление почвы? 3. Какое оборудование устанавливается на комбайн для составления карт урожайности? 4. Для чего предназначен датчик измерения влажности в системе картирования урожайности? 5. Что представляет собой карта рентабельности поля?

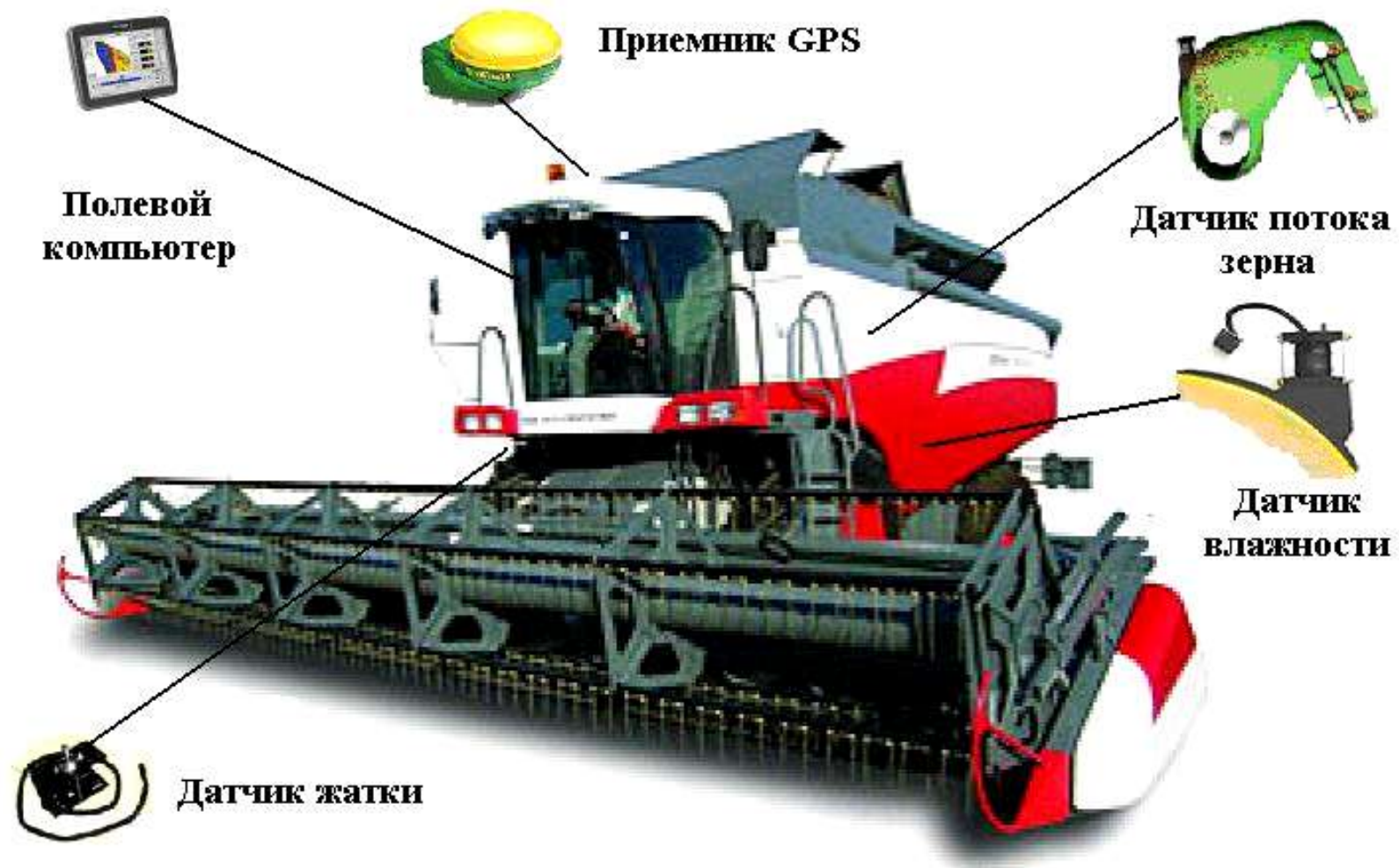


Рис. 38. Расположение оборудования на зерноуборочном комбайне для картирования урожайности

## 5. ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЕ ВНЕСЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

Следующий важнейший компонент системы точного земледелия — использование специальных сканеров и сенсоров для оценки состояния посевов, последующего дифференцированного внесения удобрений и средств химической защиты растений (пестицидов) в зависимости от состояния культурных растений, наличия сорняков на отдельных участках поля.

При традиционной системе земледелия, даже при достаточно точном и обоснованном расчете необходимых доз применяемых агрохимикатов, всё равно отмечается их значительный перерасход, что, как уже отмечалось, не только экономически не выгодно, но создает реальную опасность загрязнения окружающей среды.

С другой стороны, агрохимический анализ почвы, которую брали на участках с различной урожайностью, показал в пробах значительные отклонения по содержанию азота, фосфора и калия, несмотря на то, что минеральные удобрения вносились достаточно равномерно. Это связано, в первую очередь, с неоднородностью почвенного плодородия, что отмечается, например, в Северо-Западном регионе и Нечерноземной зоне России. Все это является следствием того, что растения поглощают не только вещества, вносимые при выращивании данной (сегодняшней) культуры, но и те, что накопились в почве ранее. При этом, сама биологическая потребность растения в питании на том или ином участке поля может быть разной, в зависимости от его освещенности, влажности почвы, наличия сорняков и т.д.

Следовательно, при внесении постоянной дозы удобрений нельзя добиться оптимизации питания всех растений. Поэтому удобрения нужно вносить в почву дифференцированно, с учетом количества ранее накопленных в ней основных питательных веществ и ряда других характеристик конкретного участка поля. Еще большую изобретательность и гибкий подход к расчету доз нужно проявлять при борьбе с сорняками, вредителями и болезнями растений.

Внесение удобрений по технологии точного земледелия проводится дифференцированно, то есть, условно говоря, на каждый квадратный метр вносится столько удобрений, сколько необходимо именно здесь (на данном элементарном участке поля). Внесение проводится в двух режимах — *off-line* и *on-line*. Дифференцированное внесение минеральных удобрений на сегодняшний день является одним из ключевых элементов в точном земледелии.

Режим *off-line* предусматривает предварительную подготовку на стационарном компьютере карты-задания, в которой содержатся пространственно привязанные с помощью GPS, дозы удобрения для каждо-

го элементарного участка поля. Для этого осуществляется сбор пространственно привязанных данных о границах поля и контурах неоднородности свойств. Проводится расчёт дозы для каждого элементарного участка поля, тем самым формируется (в специальной программе) карта-задание. Затем карта-задание переносится на флеш-карте (или другом носителе информации) на бортовой компьютер, оснащённый GPS-приёмником и управляющий контроллером сельскохозяйственной техники. Трактор, оснащенный бортовым компьютером, двигаясь по полю, с помощью GPS определяет свое местонахождение, считывает с карты дозу удобрений, соответствующую месту нахождения и посылает сигнал на контроллер распределителя удобрений (или опрыскивателя). Контроллер же, получив сигнал, выставляет на распределителе удобрений нужную дозу (рис. 39).



Рис. 39. Бортовые компьютеры и контроллер в кабине трактора

Режим реального времени (on-line) предполагает предварительное проведение калибровки непосредственно на посевах перед выполнением операции, а доза удобрений определяется во время работы агрегата при его движении по полю. Калибровка, в данном случае – это количественная зависимость дозы удобрения от показаний датчика, установленного

на сельскохозяйственной технике, выполняющей операцию. Одним из таких датчиков является Hydro-N-Sensor производства фирмы Yara<sup>®</sup>, который в инфракрасном и красном диапазонах излучения определяет содержание хлорофилла в листьях и рассчитывает по этим показателям относительную биомассу. На основании этих данных, а также данных по сорту и фазе развития (фенофазе) растения определяется доза азотных удобрений. Помимо использования N-сенсора (Hydro-N-Sensor) также используется портативный прибор N-tester, определяющий азотный статус растения и позволяющий рассчитать рекомендуемую дозу внесения удобрений по калибровочным таблицам для разных сортов. Результаты выполнения операции внесения удобрений on-line (дозы и координаты, обработанная площадь, время выполнения и фамилия исполнителя) записываются на чип-карту.

В режиме on-line бортовой компьютер получает данные от датчика, сравнивает их с определенными и записанными в память значениями, полученными во время калибровки, и посылает сигнал на контроллер по той же схеме, что и в режиме off-line. В настоящее время активно ведутся разработки различных датчиков, позволяющих использовать режим on-line. Это оптические датчики, работающие в диапазонах разных длин волн, определяющие содержание азота в листьях, засоренность посевов а также развитие болезней посевов. Отмечается колоссальная польза совместного использования сенсоров и систем навигации при разбрасывании и опрыскивании. В отличие от посева и почвообработки, где заметна обработанная площадь, на этих операциях механизатору ориентироваться на предыдущие проходы значительно сложнее. По-старинке, в хозяйствах пользуются колышками-маркерами, используют помощь сигнальщиков с флажками или фонариками, указывающими направление движения соответственно при дневном и ночном опрыскивании. Курсоуказатели позволяют уйти не только от этих устаревших методов, но и отказаться от различных видов маркеров, стоимость которых иногда превышает стоимость навигационных приборов.

Как уже отмечалось, навигационное оборудование разрабатывалось для параллельного вождения (исключение пропусков и перекрытий), т.е. основная экономия происходит именно на данном этапе. Так, в ходе работы традиционным (глазомерным) способом, было выявлено, что при внесении минеральных удобрений и обработке посевов средствами защиты растений, ввиду отсутствия маркеров на разбрасывателях и опрыскивателях, получены следующие данные: на 11 % площади поля были перекрытия, т.е. на этих участках была внесена двойная норма минеральных удобрений и средств защиты растений, посевы на этих участках были угнетенными, либо получили ожог (на 4 % площади поля). Там,

где были допущены пропуски, урожайность была ниже, чем на нормально обработанных участках, т.е. на 15 % площади поля не была соблюдена норма внесения и недополучена прибыль. Необходимо отметить, что при использовании систем автоматического вождения происходит повышение рабочей скорости на 13...20 % за счет концентрации тракториста только на технологическом процессе.

В Центре точного земледелия РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева для сканирования посевов используются оптический датчик RT-200 GreenSeeker® (США) (рис. 40) и N-Sensor® ALS (Германия) (рис. 41).



Рис. 40. Система RT-200 GreenSeeker® в работе

Принцип работы сенсорных датчиков основан на измерении индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) — нормализованного относительного индекса растительности — простого показателя количества фотосинтетически активной биомассы (обычно называемого вегетационным индексом). Это один из самых распространенных и используемых индексов для количественных оценок растительного покрова.

Будучи искусственным безразмерным показателем, NDVI предназначен для оценки эколого-климатических характеристик растительности, но в то же время может показывать значительную корреляцию с некоторыми параметрами из совсем другой области:

- продуктивностью (временные изменения);
- биомассой;
- влажностью и минеральной (органической) насыщенностью почвы;

испаряемостью (эвапотранспирацией);  
 объемом выпавших осадков;  
 мощностью и характеристиками снежного покрова.



Рис. 41. Сканирующая система N-Sensor® ALS, установленная на кабине трактора

Зависимость между этими параметрами и NDVI, как правило, не прямая и связана с особенностями исследуемой территории, ее климатическими и экологическими характеристиками, кроме этого, часто приходится учитывать временную задержку параметра и ответной реакции NDVI (табл. 4).

Таблица 4

Пример расчета усредненных значений индекса NDVI  
 (информация с сайта <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html>)

Тип объекта	Отражение в красной области спектра	Отражение в инфракрасной области спектра	Значение NDVI
Густая растительность	0,100	0,50	0,700
Разреженная растительность	0,100	0,30	0,500
Открытая почва	0,250	0,30	0,025
Облака	0,250	0,25	0,000
Снег и лед	0,375	0,35	– 0,050
Вода	0,020	0,01	– 0,250
Бетон, асфальт	0,300	0,10	– 0,500

Система RT 200 GreenSeeker снабжена активным источником излучения, излучаемого в диапазоне 600 нм (красный) и 780 нм (близкий к инфракрасному). Часть отраженного света попадает на фотодиоды, где измеряется его количество. После вычисления на компьютере выдается индекс вегетации, который служит показателем плотности травостоя и его жизнеспособности. Бортовой компьютер позволяет вычислять и изменять норму внесения. Алгоритмы для внесения удобрения с региональной спецификой разработаны американской компанией для США и используются на озимой пшенице, вскоре ожидается появление версий для кукурузы и ячменя. Возможна самостоятельная разработка алгоритма внесения удобрений или средств защиты растений.

Например, перед проведением ранневесенней подкормки озимых необходимо на поле выделить и просканировать три (можно и более) участка. Показателям NDVI на плохом участке, где посев изрежен из-за зимнего выпревания и уже заведомо не будет получено хорошего урожая, присвоить норму внесения удобрений равную нулю. Среднему участку, со средними значениями NDVI — максимальную дозу азотных удобрений, для провокации кущения, а самому лучшему участку поля, с максимальными показаниями NDVI — среднюю дозу удобрений, чтобы дать оптимальную подкормку и в то же время снизить вероятность полегания.

Система GreenSeeker представляет собой несколько оптических датчиков, которые равномерно располагаются вдоль штанги опрыскивателя. Датчики можно устанавливать впереди или позади штанги. «Направление» датчика не имеет значения, таким образом, прямоугольное светодиодное окошко может быть расположено как параллельно, так и перпендикулярно направлению движения. Рабочий луч прибора направлен перпендикулярно поверхности почвы.

Каждый из этих датчиков имеет свой источник излучения и может использоваться в любое время суток. Таким образом, система GreenSeeker® RT 200 измеряет индекс вегетации биомассы NDVI, затем сравнивает полученное значение с заданным алгоритмом и в режиме реального времени определяет, сколько азотных удобрений надо внести на данном участке поля. Кроме того, если подключить приемник GPS, то в память компьютера можно занести значение индекса NDVI с привязкой к местности, а затем составить карту его распределения (рис. 42). Индекс NDVI можно использовать для мониторинга состояния посевов, определения потенциального урожая, установления факторов стрессовых ситуаций, воздействия вредителей и болезней.

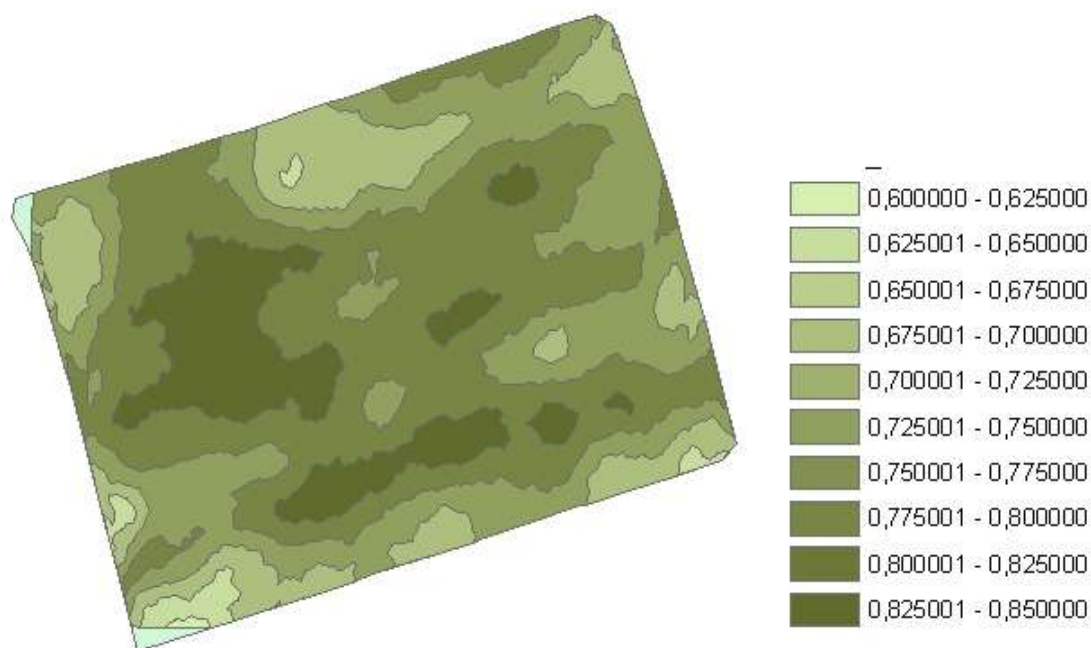


Рис. 42. Карта распределения значений NDVI на посевах ячменя в фазу колошения, построенная с помощью GreenSeeker® RT 200 на опытном поле РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Системой с бóльшей площадью сканирования, выполняющей аналогичную работу, но несколько с иным принципом действия, является N-Sensor® ALS, который также используется для сканирования растений на поле (рис. 43).

Информация, получаемая при эксплуатации указанных приборов, представляется в виде электронных карт, обрабатывается при помощи компьютерной программы SMS Advanced и представляется в виде ГИС (геоинформационной системы).

Особенно важно использование сенсорных датчиков при внесении азотных удобрений в виде подкормок, применение которых является решающим фактором для получения высоких урожаев и улучшения качества сельхозпродукции. Равномерное по площади внесение удобрений при неоднородном составе питательных веществ в почве приводит к их локальной передозировке или недостаточности. Следовательно, удобрения необходимо вносить в соответствии с потребностями растений, что обеспечивает оптимальную эффективность их использования.

Дифференциальное внесение минеральных удобрений — одно из важнейших экономических и экологических аспектов точного земледелия.

лия. Применение данной технологии и оборудования позволяет значительно сократить затраты на удобрения, т.е. вносить их в зависимости от потребности культурных растений, а также обеспечивает оптимальное содержание питательных веществ в почве.



Рис. 43. Работа системы N-Sensor ® ALS с машиной для внесения удобрений

В течение вегетационных сезонов 2010-2012 гг. сотрудники Центра точного земледелия РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева периодически обследовали поля озимой пшеницы с помощью приборов Green Seeker® RT 200, N-tester® и N-sensor® ALS.

Главной целью данных обследований было оценить азотный статус озимой пшеницы для проведения своевременной подкормки азотом. Был разработан алгоритм дифференцированного внесения азотных удобрений для формирования урожая озимой пшеницы высокого качества. Алгоритм разработан на основе карт биомассы, построенных с помощью оптических датчиков с применением навигационных систем.

На поле в опыте РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева были выявлены участки, где урожайность из года в год остается низкой, несмотря на применяемые удобрения. Это так называемые зоны с исторически низкой урожайностью, причем, содержание основных элементов минерального питания растений в почве на этих участках может быть высо-

ким, т.е. причиной низких урожаев здесь являются не агрохимические свойства почвы. Например, в некоторых местах выявлена отрицательная корреляция между урожайностью и содержанием подвижного фосфора в почве.

В данном опыте причины отрицательной связи между урожайностью и содержанием подвижного фосфора объясняются тем, что за столетнюю историю Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева сравнительно высокие дозы фосфорных удобрений равномерно вносились на всю площадь поля. Обладая невысокой подвижностью, фосфор накапливался на участках поля с «исторически» низкой урожайностью, соответственно и низким выносом. Это еще раз подтверждает, что урожайность зависит от множества факторов, зачастую не контролируемых человеком. Значит, на таких местах дозы вносимых удобрений не могут рассчитываться только по агрохимическим показателям почвы. Поэтому развитие направления точного земледелия, где управление производственным процессом осуществляется через само растение, так называемое on-line, особенно актуально на новом витке научно-технического прогресса. Поэтому, помимо картограммы распределения почвенных свойств в точном земледелии необходимо использовать картирование биомассы посевов в различные фазы вегетации в режиме реального времени с использованием навигационных систем. Такие исследования проводятся с несколькими целями.

Во-первых, по состоянию посевов в начале вегетации можно дать прогноз урожайности. Во-вторых, оперативное обследование посевов в определенные фазы развития служит обоснованием для внесения определенных доз удобрений в виде подкормки. В-третьих, обследование посевов в конце вегетации и подробный учет урожайности позволяет сделать вывод о неоднородности почвенных свойств и выделить на поле контуры для дополнительного исследования.

Таким образом, по картам биомассы, составленным в разные сроки вегетации, можно получить дополнительную информацию как о состоянии культуры, так и о свойствах почвы. Карты биомассы также имеют геопривязку, что позволяет наложить несколько «слоев» карт друг на друга и проследить сезонную или многолетнюю динамику изменения биомассы, вызванную метеоусловиями, внесением удобрений и проведением других агротехнических мероприятий. Некоторые стабильные свойства почвы накладывают на карту биомассы постоянный отпечаток, по которому можно выделить это место на поле с целью особой обработки или выбраковки. Например, если в одном углу поля биомасса в любой момент обследования будет ниже, чем на соседних участках, независимо от внесения удобрений и проведения технологических опера-

ций, значит, следует более подробно исследовать почвенные и иные свойства этого участка, найти причину постоянного недобора биомассы и урожая в этом месте. В случае, если плодородие почвы на данном участке невозможно восстановить, следует снизить дозу внесения удобрений на участок или полностью выбраковать его из посева — в противном случае использование этого участка может оказаться экономически убыточным.

На том же поле опыта Центра точного земледелия, что было описано выше, в течение вегетационного сезона 2011 г. проводились исследования биомассы пшеницы во время вегетации. В начале сезона (вторая половина апреля) в момент отрастания растений после зимы отмечена большая неоднородность посева, связанная с неравномерностью переэлевки, с применением разных технологий ухода за посевами и неоднородностью почвенных свойств (рис. 44).

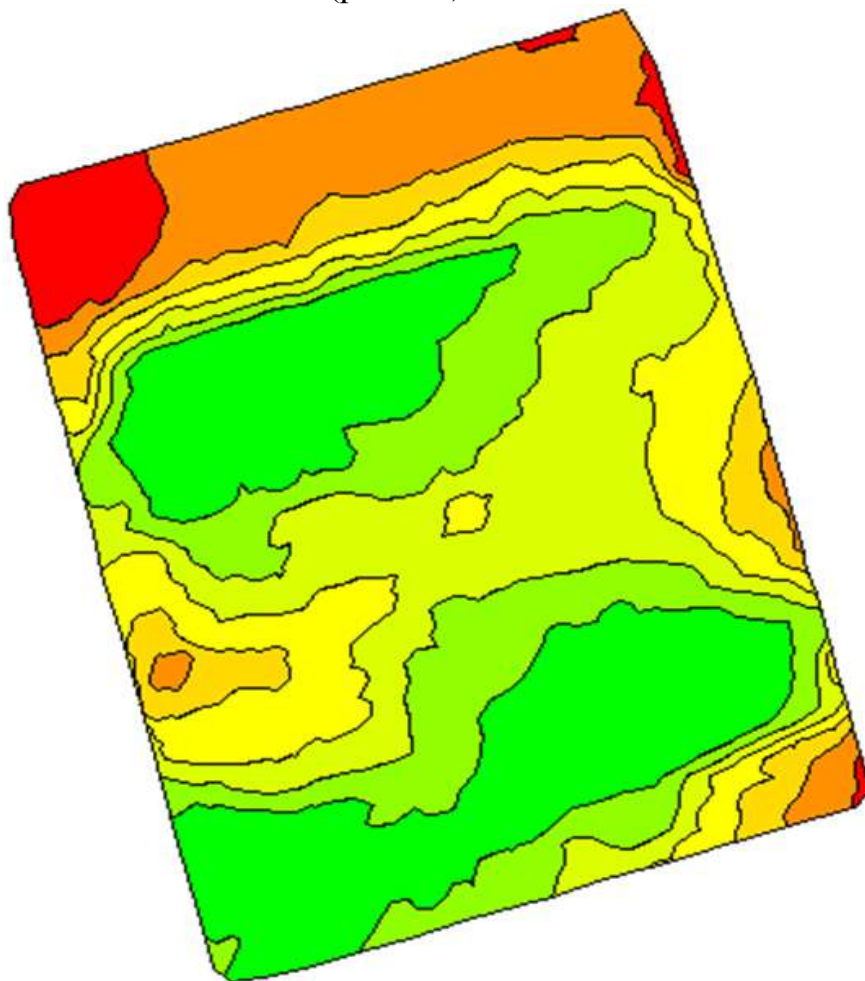


Рис. 44. Карта распределения NDVI на посевах пшеницы в опыте Центра точного земледелия от 26 апреля 2011 г.

Информация в поле получена с помощью прибора GreenSeeker®RT200, карта построена в программе SMS Advanced

Так, в целом на варианте отвальной вспашки растения перезимовали лучше (заполненные зеленым контуры на карте). По краям поля проявляется краевой эффект — красными контурами показаны места, где посевы были изреженными и слабыми. Первая подкормка озимой пшеницы аммиачной селитрой была проведена 28 апреля 2011 г.. Подкормка проведена в режиме on-line с одновременным снятием показаний биомассы культуры. Биомасса культуры отсканирована прибором N-sensor® Yara, карта биомассы от 28 апреля представлена на рис. 45.

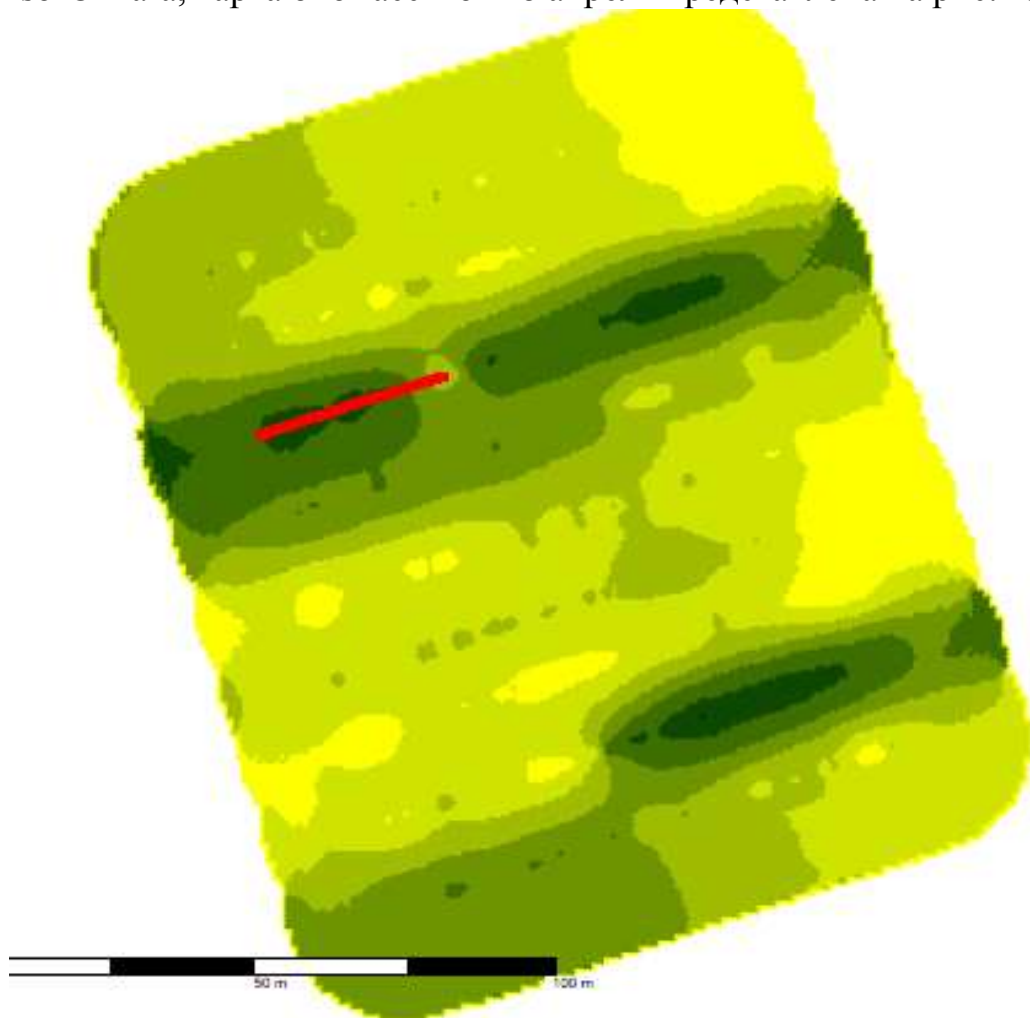


Рис. 45. Карта распределения относительной биомассы на посевах пшеницы в опыте ЦТЗ от 28 апреля 2011 г.

Информация в поле получена с помощью прибора N-sensor® ALS Yara, карта построена с помощью встроенного программного обеспечения прибора N-sensor® ALS Yara

При сравнении карт 44 и 45 улавливается явная картина совпадения контуров, хотя при построении карт размер усреднения непрерывно снимаемых показателей различается примерно в 10–15 раз. Для прибора

GreenSeeker®, используемого в нашем исследовании в ручном режиме, сетка опробования составляет примерно  $1,5 \times 3$  м, для прибора N-sensor, монтируемого на крышу трактора, ширина захвата составляет 12–15 м.

На рис. 45 красной линией показана область посева, на которой проведена калибровка дозы внесения аммиачной селитры. Для калибровки выбирается участок поля с хорошо развитым и наиболее равномерным посевом. Такому участку приписывается стандартное предписание на внесение определенной дозы удобрений. Разработанный алгоритм внесения азотных удобрений в фазу выхода в трубку (ЕС 30–36) приведен на рис. 46.



Рис. 46. Алгоритм внесения азотных удобрений на озимой пшенице в фазу выхода в трубку (ЕС 30–36)

Для расчета рекомендуемой дозы удобрений, вносимой on-line, используется индекс биомассы, снимаемый в поле прибором N-sensor® непосредственно во время подкормки. Привязка к географическим координатам должна осуществляться на основе систем GPS/ГЛОНАСС. Согласно данному алгоритму при снижении биомассы посева ниже средней стандартной доза вносимых удобрений увеличивается, это должно привести к выравниванию биомассы посевов. Но в то же время, если биомасса посева в какой-либо части поля снижается до определенного критически низкого значения, то удобрение здесь дается в минимальной дозировке или не вносится совсем. Таким образом, этот алгоритм пред-

лагает три сценария внесения удобрений: 1 — внесение повышенных доз для выравнивания отстающих в развитии посевов, 2 — внесение средних доз для нормально развитых посевов и 3 — внесение минимальных (нулевых) доз для выбракованных частей поля, где состояние посевов неудовлетворительное. Три этих сценария были реализованы на опытном поле ЦТЗ (рис. 47).

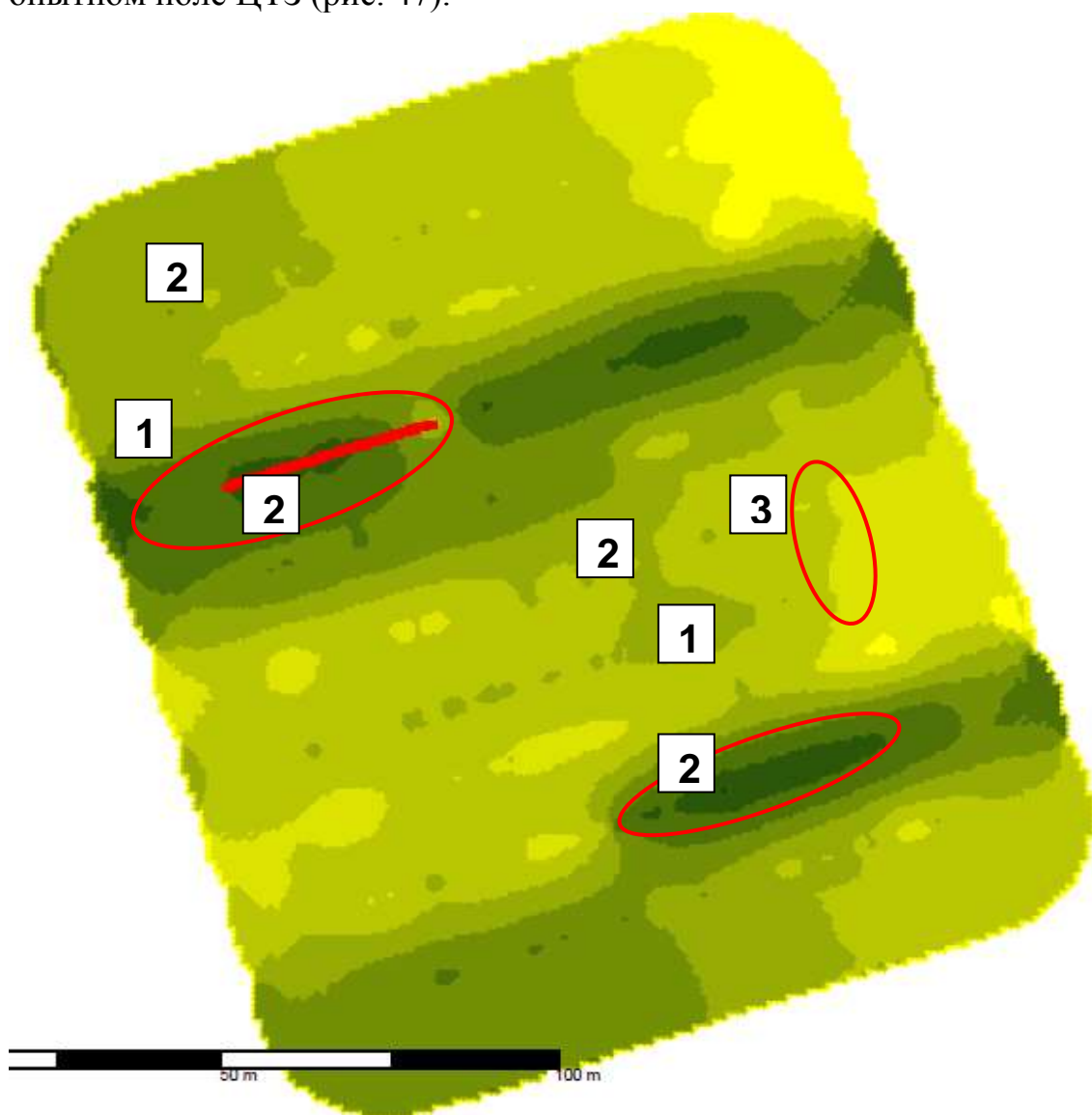


Рис. 47. Схема сценариев внесения удобрений on-line на посевах пшеницы в опыте ЦТЗ при ранневесенней подкормке (апрель 2011 г.)

В нашем опыте стандартная доза удобрений для хорошо развитых и равномерных посевов составила 70 кг/га азота по д.в. (в виде аммиачной селитры). Такая же доза внесена на варианте традиционного земледелия по всей площади поля независимо от состояния посевов, а на варианте точного земледелия дозы азота в подкормке изменялись в зави-

симости от состояния биомассы. Доза 65–70 кг/га внесена на 12,7 % площади поля, доза 70–80 кг/га — на 66 %, свыше 80 кг/га — на 21 % площади посева.

На рис. 48 представлена карта внесения азота на поле озимой пшеницы.

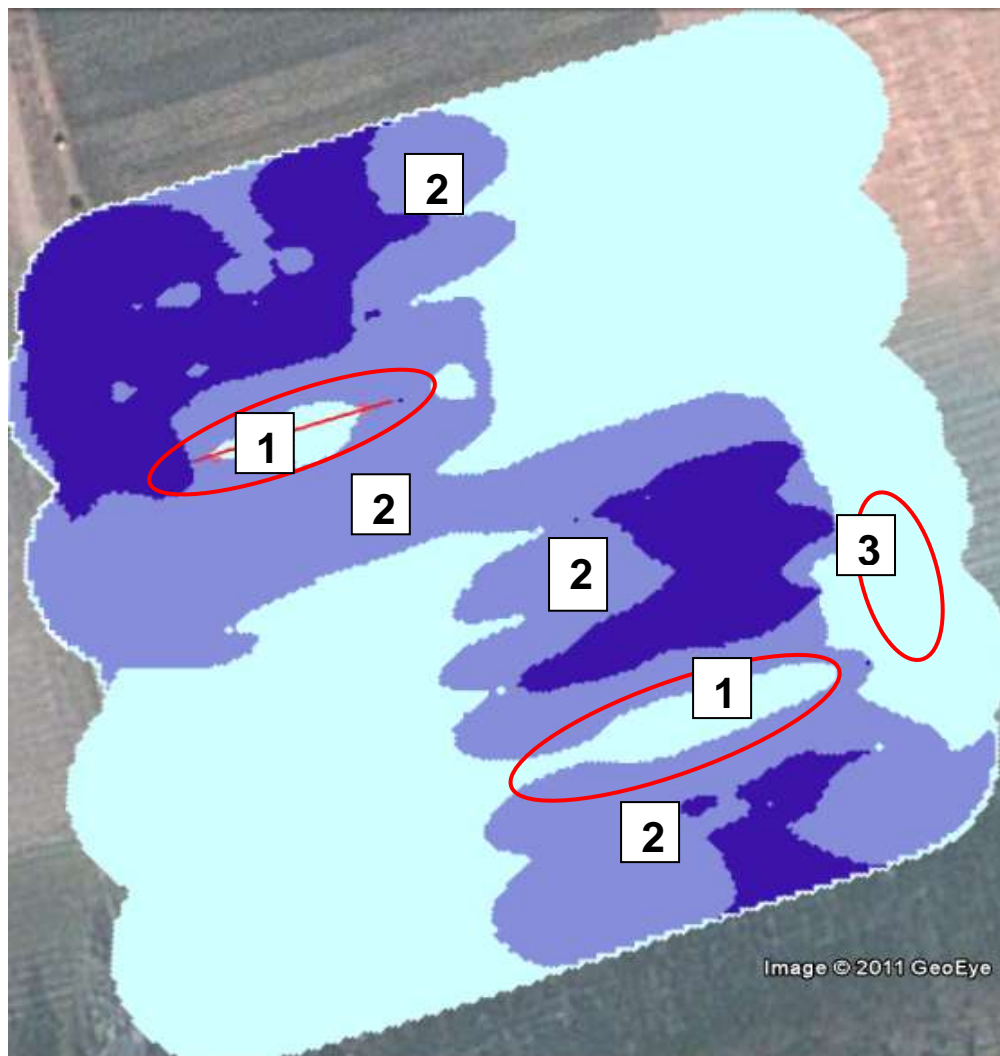


Рис. 48. Дозы внесения азота по технологии on-line.

Карта построена с помощью встроенного программного обеспечения прибора N-sensor® Yara

Светло-голубой фон — зоны внесения стандартной дозы 70 кг/га азота. Синий фон — повышение дозы до 80 кг/га. Темно-синий фон — доза выше 80 кг/га. При сопоставлении карт 39 и 40 видно, что по посевам с хорошей биомассой доза внесения азота составляет стандартную заданную величину 70 кг/га. Темно-синие пятна на рис. 48 показывают, что на эти места было внесено азота из расчета более 80 кг/га с целью выравнивания биомассы посева. Наибольший интерес представляет уча-

сток поля с исторически низкой урожайностью, где был осуществлен третий сценарий внесения удобрений. Здесь, в связи с неудовлетворительным состоянием посевов, была значительно снижена доза азота. Эффект от применения азотных удобрений прослеживается на карте биомассы, представленной на рис. 49.

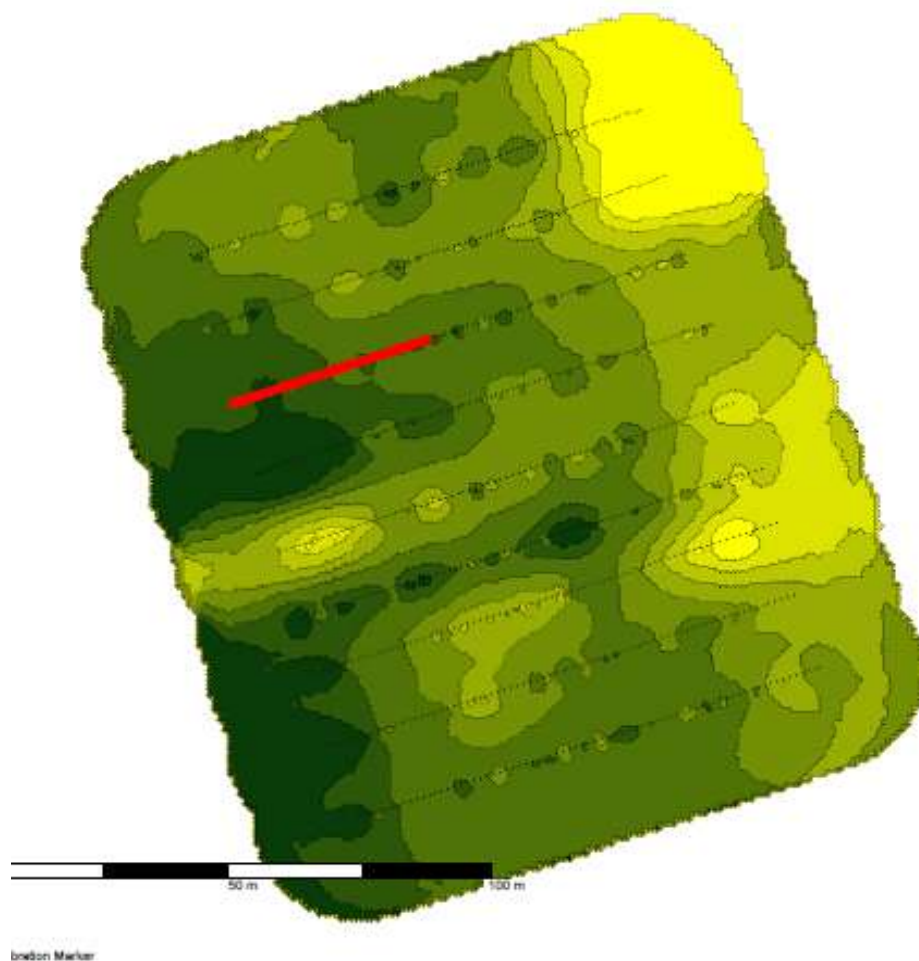


Рис. 49. Карта распределения NDVI на посевах пшеницы на опытном поле в опыте ЦТЗ от 2 июня 2011 г.

Информация в поле получена с помощью прибора N-sensor® Yara, карта построена с помощью встроенного программного обеспечения прибора N-sensor® Yara

При сравнении двух сроков обследования (конец апреля и начало июня) можно отметить, что после внесения азотных удобрений карта изменилась, биомасса стала более равномерной по полю. Однако «провал» биомассы четко прослеживается как в северо-восточном углу поля, где внесено 70 кг/га азота по традиционной технологии, так и на участке с исторически низкой урожайностью в юго-восточном углу поля, где заведомо была снижена доза азота (по технологии точного земледелия).

После уборки урожая нами была построена карта урожайности озимой пшеницы (рис. 50). Для построения карты использовалась программа SMS Advanced.

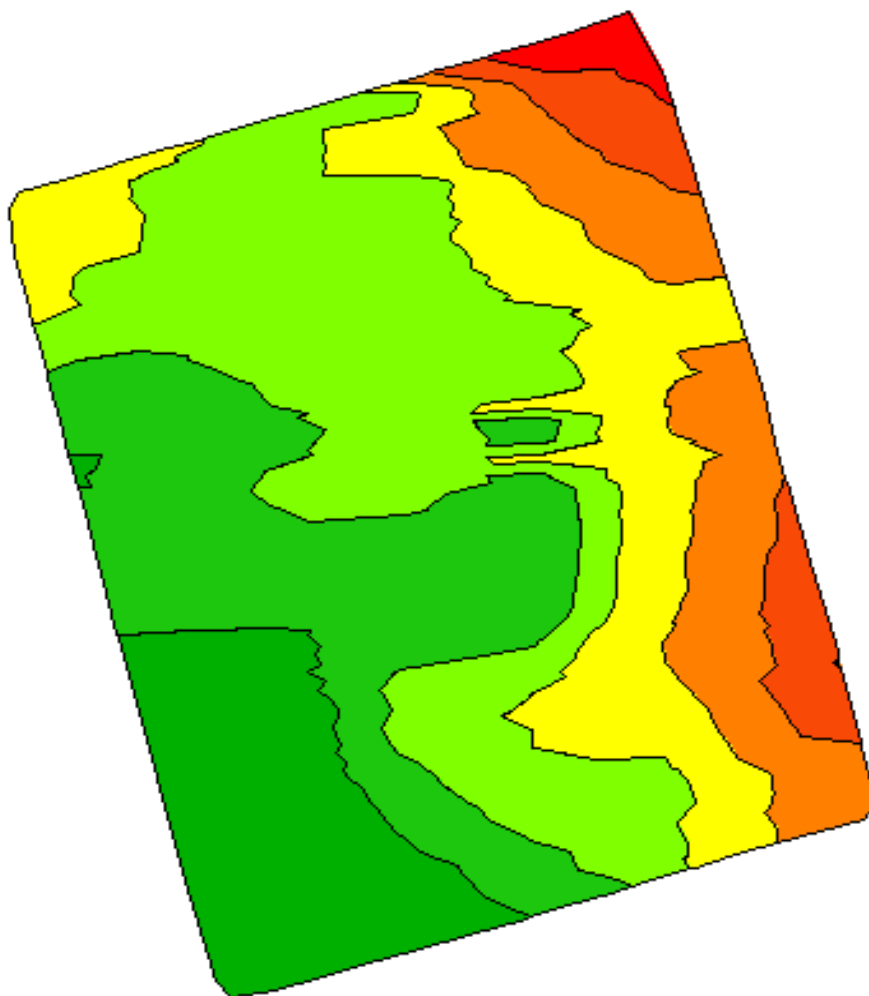


Рис. 50. Карта урожайности озимой пшеницы на опыте ЦТЗ в 2011 г. Информация в поле получена по результатам дробного учета урожайности с помощью комбайна Сампо (Ростов), шаг сетки опробования равен размеру учетной делянки  $1,5 \times 20$  м, карта построена в программе SMS Advanced

При анализе данных по урожайности озимой пшеницы, представленных на рис. 50 и в табл. 5 можно, сделать вывод о том, что урожайность в засушливых условиях 2011 г. зависела скорее не от технологии возделывания, а от особенностей отдельных участков поля.

Критерием оценки технологии является не только урожайность, но экономическая эффективность. Рентабельность применения азотных удобрений и их окупаемость зерном озимой пшеницы на проблемных участках опыта ЦТЗ в 2011 г. представлена в табл. 6.

Таблица 5

## Урожайность озимой пшеницы, т/га

Технология (фактор А)	Обработка почвы (фактор В)	Повтор	Урожайность, т/га	Средняя по обработке почвы	Средняя по технологии возделывания
<b>Точная</b>	<b>Нулевая</b>	1	3,60	<b>3,55</b>	<b>3,63</b>
		2	3,71		
		3	3,83		
		4	3,05		
	<b>Отвальная</b>	1	3,97	<b>3,70</b>	
		2	3,80		
		3	3,77		
		4	3,25		
<b>Традиционная</b>	<b>Нулевая</b>	1	3,74	<b>3,53</b>	
		2	2,57		
		3	3,98		
		4	3,81		
	<b>Отвальная</b>	1	3,88	<b>3,65</b>	
		2	3,55		
		3	3,36		
		4	3,80		

НСР<sub>05</sub> (А) = 1,00 т/га; НСР<sub>05</sub> (В) = 0,23 т/га

Таблица 6

Рентабельность применения азотных удобрений и их окупаемость зерном озимой пшеницы на проблемных участках опытного поля РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в 2011 г.

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Получено зерна на 1 кг внесенного азота	Рентабельность применения азотных удобрений, %
Контроль	2,4		
Традиционное земледелие, азот 70 кг/га	2,73	4,7	- 44
Точное земледелие, азот 65 кг/га	3,11	10,9	+ 20

Удобрения, вносимые на проблемные участки, имеют очень низкую эффективность. Поэтому на таких участках рекомендуется снижать дозы вносимых удобрений, тем самым повышая рентабельность производства.

### **Контрольные вопросы и задания**

1. В чем отличия режимов off-line и on-line при внесении удобрений и средств защиты растений? 2. На каких принципах основана работа сенсорных датчиков в системе точного земледелия? 3. Какие приборы применяются для оценки индекса NDVI в системе точного земледелия? 4. Для каких целей предназначена компьютерная программа SMS Advanced? 5. Какова примерная эффективность традиционного и дифференцированного применения удобрений на проблемных участках?

## **6. ЦЕНТР ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ (ЦТЗ) РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева**

В 2007 г. на базе Полевой опытной станции в рамках реализации инновационной образовательной программы «Формирование инновационной образовательной среды в Российском государственном аграрном университете – МСХА имени К.А. Тимирязева для подготовки нового поколения специалистов аграрного профиля» был создан учебно-научный Центр точного земледелия (рис. 51) с целью организации и осуществления учебной, научно-исследовательской и инновационной деятельности на основе использования современных агротехнологий и принципов точного земледелия.

На данном этапе для изучения агроэкологической эффективности технологии точного земледелия на опытном поле университета заложен стационарный полевой опыт общей площадью около 6 га, в котором демонстрируются две технологии возделывания сельскохозяйственных культур на примере картофеля, озимой пшеницы, ярового ячменя и однолетних трав — традиционная система и система, основанная на принципах точного земледелия с применением GPS-технологий.

Свою работу Центр точного земледелия РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в настоящее время проводит на собственной исследовательской базе, а также использует другие подразделения университета, в том числе:

полевой стационарный опыт по изучению технологий точного земледелия;

лаборатория кафедры земледелия и агрометеорологии;



Рис. 51. Вид из космоса на поля Центра точного земледелия РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (фото с сайта: <http://GoogleEarth.ru>)

эллинг с широкозахватной техникой для точного земледелия в Демонстрационном выставочном центре;

оборудованные учебные аудитории кафедры механизации растениеводства;

сектор по оценке эффективности технологий точного земледелия в учхозе «Муммовское» Саратовской области.

Главная цель деятельности Центра точного земледелия РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева — обучение студентов технологиям точного земледелия, повышение квалификации профессорско-преподавательского состава, специалистов сельскохозяйственных предприятий, внедрение разработанных учеными университета элементов технологий точного земледелия, пропаганда передовых агротехнологий в области адаптивно-ландшафтного земледелия, передача их заинтересованным сельхозпроизводителям. На базе центра проводятся исследования по разработке сортовой агротехники высокопродуктивных сортов полевых культур, способов и приемов энергосберегающих и почвозащитных обработок почв, эффективных способов посева, приемов ухода, уборки урожая с использованием современной широкозахватной техники, оборудованной системой GPS. Ведется разработка высокоэффективных экологически безопасных систем защиты растений от вредителей,

болезней и сорняков. Все эти направления позволят выполнять дипломные, магистерские и диссертационные работы студентами и аспирантами различных факультетов университета.

Основными задачами деятельности Центра точного земледелия РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева являются:

отработка на базе полевого стационарного опыта современных технологий точного земледелия (рис. 52);

проведение комплексных научных исследований;

внедрение элементов новых агротехнологий в сельскохозяйственное производство;

освоение и внедрение разработанных учёными университета элементов технологий точного земледелия;

обучение студентов, профессорско-преподавательского состава, привлечённых научных работников, практиков сферы АПК;

организация и проведение курсов повышения квалификации.



Рис. 52. Прямой посев зерновых в ЦТЗ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева с использованием навигационного оборудования

В настоящее время в Центре точного земледелия университета ведется отработка современных технологий точного земледелия, в том числе:

1. Создание карт биомассы на основе оптических сенсоров (картирование биомассы).

2. Создание карт внесения материалов (удобрений, средств защиты растений и других материалов).

3. Отработка технологии, приборного обеспечения и создание карт урожайности.

4. Разработка технологий создания карт рентабельности сельскохозяйственных угодий.

Практическая отработка технологий происходит в условиях реального сельскохозяйственного предприятия на базе учхоза «Муммовское» Саратовской области, в том числе по адаптации навигационного оборудования к отечественной технике, ресурсосбережению и снижению экологической нагрузки на окружающую среду.

На базе ЦТЗ проводятся тематические выставки, обучающие семинары и конференции, направленные на передачу знаний, популяризацию и распространение опыта внедрения технологии точного земледелия (рис. 53).



Рис. 53. Заведующий кафедрой механизации растениеводства, доктор техн. наук, профессор В.И. Балабанов знакомит студентов с навигационным оборудованием Green Star компании John Deere

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева и Некоммерческая организация «Ассоциация разработчиков, производителей и потребителей оборудования и приложений на основе глобальных навигационных спутниковых систем «ГЛОНАСС/ГНСС-Форум» заключили официальное соглашение о со-

трудничестве в сфере развития и использования спутниковых навигационных технологий системы ГЛОНАСС в сельском хозяйстве в составе Центра точного земледелия Полевой опытной станции и кафедры механизации растениеводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Целями сотрудничества являются:

практическая реализация систем точного земледелия и дифференцированного внесения удобрений в хозяйствах Российской Федерации;

консультирование разработчиков приложений в вопросах поэтапного внедрения современных спутниковых навигационных решений в агротехнологические процессы производства сельскохозяйственной продукции;

при участии Аппарата главного конструктора навигационной аппаратуры ГЛОНАСС создание, адаптация и совершенствование отечественных разработок в интересах сельского хозяйства;

информирование на различных уровнях о преимуществах применения инновационных подходов в сельском хозяйстве на основе использования навигационных технологий;

разработка рекомендаций производителям техники с целью оптимизации и упрощения процесса интеграции систем точного земледелия и дифференцированного внесения удобрений в существующие и перспективные образцы сельхозмашин;

содействие подготовке, переподготовке и повышению квалификации профессиональных кадров в области точного земледелия;

проведение совещаний, презентаций и форумов в субъектах Российской Федерации по вопросам регионального внедрения инновационных технологий в сельское хозяйство;

издание информационно-рекламных материалов.

Основными направлениями сотрудничества являются:

содействие в распространении передового опыта и новых знаний в областях использования спутниковых навигационных технологий на базе ГЛОНАСС и GPS (рис. 54);

координация, взаимная информационная и консультационная поддержка в процессе разработки и распространения документов, информационных материалов и методических рекомендаций в области создания систем и практической реализации проектов с применением технологий ГЛОНАСС и ГЛОНАСС/GPS в сельском хозяйстве;

координация и взаимная поддержка в подготовке организационных мероприятий, образовательных и коммуникационных программ, содействующих продвижению интересов сторон на местном, региональном и общероссийском уровнях;



Рис. 54. Лекцию по автоматическому и параллельному вождению для преподавателей сельскохозяйственных вузов читает заведующий Полевой опытной станцией, канд. с.-х. наук, доцент Е.В. Березовский

координация, совместное планирование и выполнение программ, проектов и работ по созданию систем с использованием навигационно-информационных и телематических технологий в интересах сельского хозяйства;

организация обучения и подготовки специалистов в сфере создания, развития и прикладного использования спутниковых навигационных технологий в сельском хозяйстве;

содействие внедрению новых финансовых и экономических механизмов, а также технологий в реализации инновационных, инвестиционных и иных проектов, создание совместных инновационно-внедренческих и образовательных центров;

совместное участие в развитии и совершенствовании нормативной правовой базы в сфере развития и использования спутниковых навигационных технологий.

В соответствии с указанными задачами РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева проводит работы по:

обучению студентов, бакалавров, магистров современным технологиям точного земледелия;

подготовке, переподготовке и повышению квалификации кадров для производства сельскохозяйственной продукции с использованием навигационного оборудования ГЛОНАСС;

демонстрации ресурсосберегающих экологически эффективных элементов точного земледелия (обработка почвы, посев, внесение удобрений и пестицидов, уборка урожая) в сравнении с традиционными приемами возделывания сельскохозяйственных культур;

консультированию разработчиков приложений в вопросах поэтапного внедрения современных спутниковых навигационных решений на базе ГЛОНАСС в сельском хозяйстве;

внедрению элементов новых агротехнологий в сельскохозяйственное производство (рис. 55);



Рис. 55. Опрыскивание картофеля на поле Центра точного земледелия РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева

проведению прикладных научных исследований по приоритетным направлениям адаптивно-ландшафтного земледелия, изучению агроэкологической эффективности технологических приемов и технологий точного земледелия;

адаптации и внедрению разработанных технологических приемов и технологий точного земледелия к конкретным условиям сельскохозяйственного производства;

пропаганде достижений и перспектив развития Центра точного земледелия в средствах массовой информации;

проведению на базе центра тематических совещаний, презентаций и форумов выставок, семинаров и конференций по вопросам использования и регионального внедрения инновационных навигационных технологий в сельском хозяйстве, направленных на передачу знаний, популяризацию и распространение опыта внедрения технологии точного земледелия;

подготовке учебных, научных и методических материалов по точному земледелию.

Между университетом и компанией «М2М Телематика» для дальнейшего развития работ в области применения современных информационных технологий и технологий позиционирования подвижных объектов с использованием глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS в целях их использования в механизации растениеводства и земледелия, а также проведения совместных научных исследований по актуальным проблемам применения машинно-тракторного парка в сельском хозяйстве и земледелии заключен договор о научно-техническом сотрудничестве.

Группа компаний «М2М Телематика» — ведущий отечественный разработчик, производитель, системный интегратор и поставщик законченных решений и услуг на рынке транспортной телематики и спутниковой навигации, разработчик навигационно-информационных систем для применения в составе региональных, ведомственных, отраслевых и корпоративных интеллектуальных транспортных систем управления и безопасности разработчиков и производителей телематического оборудования, навигационных приемников, персональных автомобильных навигаторов и т.д. на основе GPS/ГЛОНАСС.

В рамках договора для учебно-методических и научных целей в университете запланирована установка двух комплектов оборудования на работающую технику и создание на кафедре механизации растениеводства учебного диспетчерского центра контроля за данной техникой и обучения студентов.

РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева находится в постоянном и тесном сотрудничестве с научно-исследовательскими институтами отрасли, работающими по направлению «Smart Farming» («разумное хозяйство»), в том числе в области технологий координатного земледелия, такими как АФИ, ВИМ и др.

В декабре 2011 г. при Техническом комитете по стандартизации ТК 363 «Радионавигация» Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии на базе РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева создан подкомитет ПК8 «Радионавигационные средства и системы управления в сельском хозяйстве». Руководителем подкомитета назначен заведующий кафедрой механизации растениеводства, доктор техн. наук, профессор В.И. Балабанов, а ученым секретарем подкомитета – заведующий Полевой опытной станцией, доцент кафедры механизации растениеводства, канд. с.-х. наук Е.В. Березовский.

В соответствии с проектом «Концепции развития государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и земель, ис-

пользуемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства, в составе земель или иных категорий, и формирования государственных информационных ресурсов на период до 2020 года» РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева предложил Минсельхозу РФ и Россельхозакадемии принять участие в создании карт плодородия сельскохозяйственных угодий России.

Созданная инновационная инфраструктура с комплексом новейших приборов и оборудования — уникальная база для обучения бакалавров и магистров современным агротехнологиям, возможность для развития научных исследований по приоритетным направлениям в сельском хозяйстве, таким как механизация растениеводства, нанобиотехнологии, селекция и семеноводство, генетика и точное земледелие, а в перспективе — площадка для обмена мнениями и опытом, место проведения тематических выставок, семинаров и конференций.

Сотрудничество кафедры с компаниями способствует решению важных задач при подготовке высококвалифицированных и востребованных специалистов в области механизации растениеводства.

Четырехлетние результаты исследований в полевом опыте ЦТЗ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева продемонстрировали преимущество отдельных элементов технологии точного земледелия, в частности посева и посадки сельхозкультур, гребнеобразования при выращивании картофеля, проведения подкормок озимой пшеницы, внесения гербицидов в посевах, косвенного определения содержания питательных веществ в почве, с составлением электронных карт урожайности. Например, было установлено, что расход пестицидов и рабочего раствора при использовании технологии точного земледелия уменьшается на 25–30 %, а экономия удобрений составляет в среднем 20–30 %.

Сегодня со всей уверенностью можно утверждать, что Центр точного земледелия РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева представляет собой один из элементов единой инновационной инфраструктуры университета, функционирующий как интегрирующая структура. На его базе реализуются учебные и научные планы и программы многих кафедр университета.

Таким образом, имеющийся в университете комплекс обеспечивает реализацию основных элементов технологии точного земледелия, в частности, дифференцированное внесение удобрений, учитывающее пестроту почвенного плодородия, средств защиты растений с учетом фитосанитарного состояния агроландшафта, проведение агротехнических мероприятий с использованием приборов параллельного вождения и спутниковой системы глобального позиционирования.

Развитие инновационной инфраструктуры создает реальные условия для органичного соединения образовательного и научно-исследовательского процессов на основе применения современной техники и внедрения наукоемких, экологически обоснованных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, основанных на ресурсосбережении, обеспечивающих увеличение количества и повышение качества урожая и сохраняющих плодородие почв.

#### **Контрольные вопросы и задания**

1. Когда и для каких целей в РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева был создан Центр точного земледелия? 2. С какими подразделениями университета сотрудничает Центр точного земледелия? 3. Каковы основные задачи ЦТЗ? 4. На примере каких культур в рамках ЦТЗ ведется отработка навигационных технологий? 5. Какие направления научных исследований имеет ЦТЗ?

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на основании вышесказанного можем сделать следующие выводы:

1. Координатное (точное) земледелие является одним из современных направлений возможного реформирования аграрного комплекса Российской Федерации. Его суть — интегрированный процесс управления ростом растений в соответствии с их потребностями, внедрение экономических технологий, способствующих повышению плодородия почв и, как следствие, получению высоких урожаев при минимальных затратах на базе геоинформационных систем (ГИС), позволяющих снимать, обрабатывать и накапливать информацию о местоположении техники и характеристиках сельскохозяйственных угодий.

2. Посев (посадка) зерновых, кормовых культур и картофеля по автотопилоту обеспечивает качественное выполнение операции, исключает пересев и огрехи, перерасход семян, позволяет оптимизировать площадь питания растений, сформировать полноценные всходы, обеспечить нормальное развитие растений и возможность получения стабильного высокого урожая.

3. Использование оптических датчиков и сенсоров гарантирует оптимальное проведение дифференцированных подкормок минеральными удобрениями, учитывающих состояние растений, и внесение гербицидов, исходя из обилия и проективного покрытия сорных растений, позволяет получить значительный экономический эффект при снижении рисков загрязнения окружающей среды.

4. Составление электронных карт урожайности сельскохозяйственных культур позволяет сделать вывод о наличии и обеспеченности растений питательными веществами, своевременно устранить дефицит и дифференцированно восполнить элементы питания в почве с учетом пестроты и неоднородности их распределения по площади поля.

5. Шестилетние исследования в полевом опыте Центра точного земледелия РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева продемонстрировали преимущество отдельных элементов точного земледелия, в частности посева (посадки) сельхозкультур, гребнеобразования при выращивании картофеля, проведения подкормок озимой пшеницы, внесения гербицидов в посевах, косвенного определения содержания питательных веществ в почве, с составлением электронных карт урожайности.

6. Производственный опыт показывает высокую эффективность точного земледелия, особенно применительно к крупным хозяйствам. Установлено, что затраты на внедрение окупаются после 2...4 лет его использования и начинают приносить значительную прибыль.

7. Результаты и эффективность внедрения координатного земледелия в России в значительной степени зависят от создания и постановки на серийное производство отечественных машин, оборудованных электронным оборудованием, а также от развития отечественной спутниковой системы дистанционного позиционирования и навигации ГЛОНАСС, разработки и выпуска российского аппаратного и программного обеспечения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адамчук В.В., Мойсеенко В.К. Точное земледелие: существо и технические проблемы // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 2003. – № 8. – С. 4-6.
2. Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве: // Сб. тр. АФИ. – М., 2006. – Т. 1 – 632 с. Т. 2 – 482 с.
3. Афанасьев Р.А. Проблемы координатного земледелия и пути их решения // Доклады ТСХА. – 2006. – № 278. – С. 187-190.
4. Баздырев Г.И. Защита сельскохозяйственных культур от сорных растений. – М.: Колос, 2004. – 328 с.
5. Балабанов В.И. Нужно заново учиться работать на селе // Новое сельское хозяйство. – М.: № 4. 2010. – С. 56–57.
6. Балабанов В.И., Березовский Е.В. Технологии точного земледелия и опыт их применения в Российском государственном аграрном университете–МСХА имени К.А. Тимирязева // Вестник ГЛОНАСС, 2011, № 2. – С. 56-68.
7. Баутин В.М. Центр точного земледелия – основной элемент инновационной инфраструктуры РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева // Ресурсосберегающее земледелие. 2009. № 2. – С. 49-50.
8. Баутин В.М., Балабанов В.И., Березовский Е.В. // Умные кадры для «умных ферм» // Вестник ГЛОНАСС, 2012, № 1. - С. 41-44.
9. Березовский Е.В., Захаренко А.В., Полин В.Д. Внедрение технологий точного земледелия: опыт Тимирязевской академии // Аграрное обозрение. 2009. – № 9-10. – С. 12-17.
10. Березовский Е., Железова С., Самсонова В. Опыт составления карт для точного земледелия // Аграрное обозрение, 2010. – № 2. – С. 43-46.
11. Боровикова А.С., Орлов В.В. Опыт Самарской области: как оптимизировать использование минеральных удобрений в условиях роста цен. // Ресурсосберегающее земледелие, 2009. – № 1. – С. 30–34.
12. Воронков В., Ефимов Н., Тянь Т. Электронная карта – излишество или необходимость? // Новое сельское хозяйство, 2005. – № 5. – С. 32–36.
13. Глобус А.М. Агрофизика и координатное земледелие: // Сб. тр ВНИИМС. – Рязань. – С. 46–52.
14. Даммер К.-Х. Применение в системе реального времени варьирующего расхода гербицидов и фунгицидов при обработке полевым опрыскивателем с сенсорным контролем // Агротехнологии XXI века. – М.: ФГОУ ВПО РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, 2007.– С. 19–22.
15. Захаренко А.В., Беленков А.И. Центр точного земледелия РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева – учебно-научный инновационный комплекс // Достижения науки и техники АПК, 2008. – №9. – С. 63–64.
16. Каштанов А.Н., Булгаков Д.С., Голованов И.Н. и др. Развитие технологий, методов и средств точного земледелия. – М., 2006. – 97 с.

17. Кирюшин В.И. Точные агротехнологии как высшая форма интенсификации адаптивно-ландшафтного земледелия // Земледелие. 2004. – № 6. – С. 16-21.
18. Круп Г., Лайтхольд П. Точность – вежливость не только королей. Прецизионное земледелие // Новое сельское хозяйство. 2005. – № 5.– С. 80–84.
19. Литвиненко Р., Балабанов В., Березовский Е. Опрыскивание: инструкция по применению / Новый аграрный журнал. 2011, № 2. – С. 56–68.
20. Личман Г.И. Основные направления фундаментальных и прикладных исследований по точному земледелию: / Сб. тр. ВИМ. 2005. – С. 15–19.
21. Личман Г.И., Марченко Н.М., Дринча В.М. Основные принципы и перспективы применения точного земледелия – М.: Россельхозакадемия, 2004. – 80 с.
22. Лукьянов Н.А., Машонин В.Л., Пахунов А.В. Система GPS-позиционирования в перспективных моделях тракторов // Доклады ТСХА. 2006. – № 278 .– С. 293–294.
23. Михайличенко И.М. Управление системами точного земледелия. – СПб., 2005. – 68 с.
24. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. – М., Мир, 1992. – 184 с.
25. Ноак П.О. До свиданья, маркер! Сравнение 16 систем параллельного вождения // Новое сельское хозяйство. 2007. – № 6. – С. 82-86.
26. Петрушин А.Ф., Якушев В.В. Аспекты реализации информационных технологий в области точного земледелия: Сб. тр. СПб.: Гидрометеоздат, 2002. – т. 2. – С. 210–212.
27. Покровская С.Ф. Разработка и внедрение технологии точного земледелия за рубежом // Техника и оборудование для села, 2006. – № 2. – С. 37 – 39.
28. Полуэктов Р.А. и др. Модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур. – СПб.: Изд-во СпбГУ. – 2006. – 396 с.
29. Технологии точного земледелия – земледелие XXI века // Новое сельское хозяйство, 2006. – № 6. – С. 49–51.
30. Точное сельское хозяйство (precision agriculture) / Под ред. Д. Шпаара, А.В. Захаренко, В.П. Якушева. – СПб. – Пушкин, 2009. – 400 с.
31. Туликов А.М. Вредоносность сорных растений в посевах полевых культур // Изв. Тимирязев. с.-х. акад., 2002; № 1. – С. 92-107.
32. Хохлов Н.Ф. Агрофизическое обоснование пространственно-дифференцированной обработки почвы в системе точного земледелия // Доклады ТСХА.– Вып. 279, ч. 1. В 2-х ч. – М.: ФГОУ ВПО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2007. – С. 271–274.
33. Шпаар Д., Вартенберг Г., Даммер К., Захаренко А.В. Научные основы снижения норм гербицидов при использовании технологий дифференцированного прецизионного их внесения в земледелии развитых стран Европы // Агро XXI, 2003. – № 76. – С. 40–43.

34. Шпаар Д., Захаренко А.В., Якушев В.П. и др. Точное сельское хозяйство. СПб. – Пушкин, 2009. – 397 с.
35. Шпаар Д., Лайтхольд П., Даммер К.-Х., Файфер А. Дифференцированное управление посевами с учетом гетерогенности полей в рамках PRECISION AGRICULTURE // Агротехнологии XXI века. – М.: ФГОУ ВПО РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, 2007. – С. 6–8.
36. Экология и сельскохозяйственная техника // Экологические аспекты производства продукции растениеводства, мобильной энергетики и сельскохозяйственных машин // Материалы 5-й международной научно-практической конференции. – СПб.: СЗНИИМЭСХ, 2007. – 380 с.
37. Якушев В.П. На пути к точному земледелию. – СПб.: Изд-во ПИЯФ РАН, 2002. – 458 с.
38. Якушев В.П., Петрушин А.Ф., Петрушин В.В., Шерстобитов С.В. Технические основы применения информационных технологий точного земледелия. – СПб.: АФНИИ, 2004. – 368 с.
39. Якушев В.В. Программно-технические средства информационного обеспечения и организации агроприемов в системе точного земледелия: Автореф. дис. канд. с.-х. наук. – ГНУ АФНИИ. – СПб, 2005. – 24 с.
40. Якушев В.П., Якушев В.В. Информационное обеспечение точного земледелия. – СПб.: Изд-во ПИЯФ РАН, 2007. – 384 с.
41. Якушев В.В., Воропаев В.В., Лекомцев П.В. Технология точного земледелия: опыт внедрения на полях Меньковской опытной станции АФИ РАСХН // Ресурсосберегающее земледелие. 2009. – № 2.– С. 31–34.
42. Christensen S. et al. Site-specific weed control technologies. 2009. Weed Research. V. 49. Issue 3, Pages 233-241.
43. Pollinac F.W., Maxwell B.D. & Menalled F.D. Weed community characteristics and crop performance: a neighborhood approach. 2009. Weed Research. V. 49. Issue 3, 242–250.
44. Wiles L.J., Oliver G.W., York A.C., Gold H.J. & Wilkerson G.G. 1992. Spatial distribution of broadleaf weeds in North Carolina soybean (*Glycine max*) fields. Weed Science, V. 40, 554–557.
45. Wallinga J., Kropff M.J., & Rew L.J. 2002. Patterns of spread of annual weeds. Applied Ecology, V. 3, 31–38.

## СПИСОК ССЫЛОК

1. Агрофизический НИИ Россельхозакадемии.  
<http://www.agrophys.ru>.
2. Геоинформационный портал ГИС-Ассоциации-ГЛОНАСС.  
<http://www.gisa.ru>.
3. ГЛОНАСС-ГНСС-Форум. <http://www.aggf.ru>.
4. Группа компаний «Агропром-МДТ». <http://www.agromdt.ru>.
5. Евротехника MPS. Технологии точного земледелия.  
[www.egps.ru/en/prod](http://www.egps.ru/en/prod)
6. Инженерный центр «Геомир». <http://www.geomir.ru>.
7. Компания «Amazon-Евротехника». [www.eurotechnika.ru](http://www.eurotechnika.ru).
8. Центр точного земледелия РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева.  
<http://www.pole-st.ru/ctz.html>.
9. V Международный форум по спутниковой навигации.  
<http://www.ГЛОНАСС-forum.ru>.
10. Australian Centre for Precision Agriculture – Австралийский центр точного земледелия. <http://www.usyd.edu.au/agriculture/acpa>.
11. Centre for Precision Farming – Центр точного земледелия при Крэнфилдском университете в Силсо (Англия).  
<http://www.cranfield.ac.uk/sas/naturalresources/index.html>.
12. Purdue Site-Specific Management Center – Центр геореференцированного управления в Пурду. <http://www.agriculture.purdue.edu/ssmc>.
13. Kansas State Precision Agriculture – Сайт по точному земледелию штата Канзас. [www.bae.ksu.edu/precisionag](http://www.bae.ksu.edu/precisionag).
14. The Ohio State University Precision Agriculture – Сайт центра точного земледелия Университета штата Огайо. <http://precisionag.osu.edu>.
15. Trimble – GPS, Laser, Optics, and Positioning Hardware, Software, and Services. [www.trimble.com](http://www.trimble.com).
16. Agri Con – Yara N-Sensor. <http://www.agricon.de/produkte/yara-n-sensor>.

## КРАТКИЙ ГЛОССАРИЙ

**Автопилот** – система автоматического управления движением трактора за счет того, что отклонения от заданной траектории, вырабатываемые GPS-приемником, через специальные устройства вводятся непосредственно в систему управления ходовой частью, обеспечивая максимальную точность (отклонение – 2 см) движения по маршруту без вмешательства механизатора. Как правило, автопилот состоит из устройства параллельного вождения, контроллера и исполнительного механизма, который подключается к гидравлике трактора.

**ГИС** – геоинформационная система.

**ГЛОНАСС** – российская глобальная система навигации и определения положения (позиционирования). Система, использующая спутники, принимающие устройства и программное обеспечение для возможности определения точного географического положения.

**ДГСП (DGPS)** – дифференцированная глобальная система позиционирования.

**Курсоуказатель** – комплект оборудования для автоматизированного управления машиной по схеме «измерение текущих координат сельхозмашины – отображение отклонений от заданного маршрута на табло в кабине – вращение механизатором рулевого колеса для удержания агрегата на заданном маршруте».

**CAN** (шина CAN) – асинхронная последовательная коммуникационная шина для применения в режиме реального времени со скоростью Мбит/с передачи; отлично определяет ошибки и обладает способностью ограждения.

**GDD** – степень вегетации в днях между посадкой и измерением при температуре выше 40° по Фаренгейту (период предположительной возможности роста культуры). Алгоритмы GreenSeeker используют это значение как исходное для определения предполагаемой стадии вегетации растения.

**GPS (Global Positioning System)** – глобальная система навигации и определения положения (позиционирования), разработанная и эксплуатируемая США.

**NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)** – нормализованный относительный индекс растительности (стандартизированный индекс вегетации биомассы) – простой количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы (обычно называемый вегетационным индексом), используется для измерения здоровья растений и мощи. Вычисляется по следующей формуле:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED),$$

где **NIR** – отражение в ближней инфракрасной области спектра; **RED** – отражение в красной области спектра.

**NUE** – коэффициент использования азота. Процентная доля азота, потреблённая растением. Например, NUE 60 % означает, что в этом году предполагается использовать 6 фунтов азотного удобрения на каждые 10 фунтов применения. Для получения подробной информации – [www.nue.okstate.edu](http://www.nue.okstate.edu).

**NRS** – полоса насыщения азотом. Эта базовая полоса/участок позволяет определить количество азота, получаемое растением из окружающей среды (минерализация и т.д.), важные данные по предполагаемому максимальному потенциальному урожаю за этот год и отзывчивость на дополнительный азот.

**RI** – индекс отзывчивости. Определяет отзывчивость культуры на дополнительный азот в текущем году. Для определения индекса отзывчивости необходимо разделить NDVI полосы насыщения азотом на значение NDVI поля.

**SMS Advanced** – геоинформационная программа (SMS – Spatial Management System) – достаточно простой в использовании, но мощный программный комплекс системы точного земледелия. Обладает уникальными функциями для поддержки всего оборудования системы точного земледелия и позволяет интегрировать имеющуюся информацию, полученную из других источников или оборудования.

**User Interface** – портативный компьютер и дисплей. Может быть представлен TDS Recon Pocket – портативное цифровое устройство на базе персонального компьютера.

**VI** – вегетационный индекс – значение, подсчитываемое (или выводимое) из комплектов данных, снятых дистанционно, и используемое для количественного определения здоровья растений, стресса и мощи.

**VRA** – дифференцированное внесение. Основывается на данных, передаваемых в контроллер дозирования.

## КУРСУКАЗАТЕЛИ И СИСТЕМЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВОЖДЕНИЯ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

### Система «Outback S-Lite»

Устройство параллельного вождения **Outback S-lite** (рис. 1) – самое простое устройство в линейке сельскохозяйственных GPS-навигаторов.



Рис. 1. Устройство Outback S-lite

Предназначено для ведения сельхозтехники параллельно предыдущему проходу при любой видимости – ночью, в туман, при сильной запыленности, если не требуется более ничего другого. Два блока светодиодов – указатель поворота руля и шкала прогноза движения, ЖК-дисплей с синей подсветкой предоставляют всю необходимую информацию, ничего лишнего.

При этом возможности прибора удовлетворяют большинство сельскохозяйственных запросов:

- вождение по параллельным и кривым линиям;
- измерение площади поля или участка поля;
- запоминание точки в любом месте поля и ведение техники на эту точку;

индикация номера ряда, скорости движения, угла, координат;  
оперативная коррекция расположения базовой линии (при необходимости);  
русифицированное меню.

При этом у **Outback S-lite** есть возможность работы только с бесплатными ДИФ-поправками (сигналами повышения точности) – EGNOS, не работающем в России, и E-DIF. При этом работа с патентованной ДИФ-поправкой E-DIF (электронная дифференциальная поправка) позволяет достигать точности в 25-30 см без использования дополнительных платных дифференциальных поправок.

**Комплектация:** курсоуказатель, компактная антенна с магнитным держателем, комплект кабелей для питания через прикуриватель трактора, крепление курсоуказателя в виде присоски, инструкция на русском языке и памятка для механизатора.

**Назначение:** использование на сельскохозяйственных операциях, не требующих сверхвысоких точностей ведения агрегата, например, внесении сухих минеральных удобрений. При этом увеличивается равномерность внесения агрохимикатов, экономятся сами вещества, а также ускоряется работа за счет снижения погрешностей в работе и увеличения скорости в условиях плохой видимости (ночью, в туман, пыль).

**Основные недостатки:** нет возможности работы с RTK-станциями, нет возможности работы с Omnistar-сервисами. Из-за отсутствия экрана не очень удобная навигация меню, нет визуального отображения участка, нет возможности загружать карты и выгружать их, нет возможности отображать задание. Не поддерживает протокол ISOBUS и нет возможности управлять сельхозоборудованием. Не реализованы все возможные режимы движения. Невысокая точность работы, так как используется одночастотная антенна.

### Система параллельного вождения Outback S3

Система параллельного вождения Outback S3 (рис. 2) – это новая разработка компании Agrosom. Большой цветной сенсорный экран позволяет отображать режимы вождения и результат движения трактора или комбайна. Полноразмерная русская экранная клавиатура значительно облегчает ввод дополнительных параметров, таких как номер поля, условия при работе (температура, ветер, влажность) и т.д.

Вождение по прямым и кривым линиям.

Замер площади поля или его участка.

Отображение на экране движения техники и обработанных участков поля в режиме реального времени с разных ракурсов: с высоты птичьего полета (2D), и из кабины (3D).

Отображение на экране «линейки светодиодов» для привычного поведения после работы с Outback S и Outback S2.

Изменение масштабов отображения поля на экране

Привязка к определенной точке для повышения точности определения координат.

Возможность экспорта на USB флэш-карту данных навигации сделанной работы.

Возможность работы в составе автопилота.

Русифицированный интерфейс.

Дополнительные программы для дифференцированного внесения удобрений.

Outback S3 имеет встроенную поправку e-Dif, возможна работа с платными сервисами Omnistar – при дополнительной покупке внешнего приемника (антенны) Trimble Ag252.



Рис. 2. Система Outback S3

**Назначение.** Outback S3 предназначен для различных с.-х. операций, вплоть до требующих идеальной точности вождения. При операциях, не требующих высокой точности  $\pm 30$  см, возможна работа с простой одночастотной антенной и поправками e-Dif и WAAS/EGNOS, но уже с возможностью работы с автопилотом. При этом реализуема запись проделанной работы на внешние носители для последующего учета в офисных условиях, а также экспорт треков в различные популярные форматы. Для более точной работы  $\pm 10$  см необходима допоставка высокоточного приемника Ag252 и подруливающего устройства.

**Недостатки:** нет возможности работы с RTK-станциями, низкое программное обеспечение, нет возможности работы с системой картирования урожайности, ограниченные возможности работы по дифференцированному внесению удобрений.

## CLAAS GPS CopilotTS

### Основные возможности CLAAS GPS CopilotTS (рис. 3):

Максимально используется ширина агрегата, перекрытия проходов техники сводятся к минимуму.

Возможность работать ночью и при низкой видимости – увеличивается коэффициент использования техники.

Не нужны дополнительные материалы для маркирования строк – важно для широкозахватных агрегатов!

Повышается скорость движения агрегата (актуально для мощной техники).

Повышается комфортность работы водителя – важно для неподготовленных механизаторов!

За счет более точного ведения, уменьшения перекрытий между проходами рационально используется горючее, посевной материал, удобрения, средства защиты растений, другие материалы.



Рис. 3. CLAAS GPS CopilotTS

**Основной недостаток:** рассчитан для работы с сельскохозяйственными машинами фирмы CLAAS, при использовании с другими машинами имеет ограниченные функциональные возможности.

### **Trimble EZ-Guide 250**

Устройство параллельного вождения **Trimble EZ-Guide 250** – самое простое устройство в линейке устройств фирмы Trimble (рис. 4).

Данное устройство предназначено для вождения сельхозтехники вдоль рядов при любой видимости (ночью, в туман, при сильной запыленности) с точностью  $\pm 30$  см. Устройство EZ-Guide 250 не позволяет работать с платными дифпоправками и

базовыми станциями – используется только встроенный фильтр OnPath или сигналы бесплатной системы EGNOS. В остальном функционал прибора очень широк:



Рис. 4. Устройство параллельного вождения **Trimble EZ-Guide 250**

Оснащен цветным ЖК-дисплеем и линейкой светодиодов.

Позволяет задавать несколько типов базовых линий (прямая, идентичная кривая, адаптивная кривая, круговое движение, конец гона, свободный формат).

Запоминает точку в любом месте поля и позволяет вернуться на эту точку.

Позволяет сохранять результаты работы на внешнюю флэш-карту с интерфейсом USB для последующего просмотра в Microsoft Word (Open Office) или специализированных программах.

Позволяет загружать сохраненные результаты работы с внешней флэш-карты с интерфейсом USB для повторного использования проходов техники.

Отображает условия работы в очень широких пределах: информацию по текущему полю, состоянию GPS, расстояние до ряда, текущая площадь/общая площадь работы, скорость и т.д.

Имеет русифицированное меню.

При работе со встроенной коррекцией отклонений точности GPS-координат (фильтр OnPath) производителем гарантируется точность не хуже 30 см в течение 15 минут.

**Комплектация:** курсоуказатель, компактная антенна с магнитным держателем (опционально может быть улучшена до антенны AG-15), комплект кабелей для питания через прикуриватель трактора, крепление курсоуказателя к корпусу трактора, инструкция на русском языке.

Не предназначен для расширения до автопилота, но может работать с подруливающим устройством Trimble EZ-Steer.

## Устройство параллельного вождения Trimble EZ-Guide 500

Устройство параллельного вождения **Trimble EZ-Guide 500** (рис. 5) – многофункциональный курсоуказатель фирмы Trimble.



Рис. 5. Устройство параллельного вождения **Trimble EZ-Guide 500**

Данный курсоуказатель предназначен для самых разных операций в сельском хозяйстве. В минимальной комплектации позволяет работать с бесплатными дифпоправками EGNOS и встроенным фильтром OnPath или с платной дифпоправкой Omnistar VBS.

При желании может быть расширен до работы с Omnistar XP/HP или RTK.

Функционал прибора чрезвычайно широк:

оснащен цветным ЖК-дисплеем и линейкой светодиодов;

позволяет задавать несколько типов базовых линий (прямая, идентичная кривая, адаптивная кривая, круговое движение, конец гона, свободный формат);

запоминает точку в любом месте поля и позволяет вернуться на эту точку;

позволяет сохранять результат работы на внешнюю флэш-карту с интерфейсом USB для последующего просмотра в Microsoft Word (Open Office) или специализированных программах;

позволяет загружать сохраненные результаты работы с внешней флэш-карты для повторного использования проходов техники;

отображает множество информации: по текущему полю, состоянию GPS, обработанная площадь/общая площадь поля, расстояние до ряда, скорость и т.д.

имеет русифицированное меню;

работает с электрическими и гидравлическими автопилотами фирмы Trimble;

имеет встроенные функции картирования: нанесение границ поля, указание объектов на поле и предупреждение механизатора о приближении к ним;

позволяет управлять внесением удобрений (при использовании подготовленных для этого разбрасывателей и опрыскивателей).

При работе со встроенной коррекцией отклонений точности GPS-координат (фильтр OnPath) производителем гарантируется точность не хуже 30 см в течение 15 минут.

**Комплектация:** курсоуказатель, одночастотная или двухчастотная антенна (для работы с диф-поправками VBS или XP/HP); комплект кабелей для питания через прикуриватель трактора; крепление курсоуказателя к корпусу трактора; инструкция на русском языке.

**Назначение:** EZ-Guide 500 – универсальный прибор. Он позволяет выполнять любые задачи, связанные с точным земледелием, но основное его назначение – работа в составе автопилотов. Точность позиционирования, которую позволяет обеспечить этот прибор, не в состоянии обеспечить механизатор, если будет управлять трактором вручную. Поэтому целесообразно устанавливать его на технику в составе подруливающего устройства или автопилота или с расчетом на будущую установку автопилота. В результате может быть обеспечено вождение сельхозтехники любой ширины захвата, с точностью до 2–3 см (при наличии сервиса RTK) круглосуточно. При этом наличие внешнего звукового сигнала обеспечивает безопасность техники с механизатором: EZ-Guide 500 способен сигнализировать о приближении к концу ряда, помехам на поле или контролировать бездействие оператора (проверка на сон – механизатор должен нажать на кнопку и подтвердить, что не спит). Наличие соответствующих компьютерных программ (EZ-Office или EZ-Office Pro) позволит органично вписать Trimble EZ-Guide 500 в цикл мероприятий точного земледелия.

## Многофункциональный дисплей Trimble CFX-750

Многофункциональный дисплей Trimble CFX-750 (рис. 6) предназначен для параллельного вождения по курсоуказателю вдоль рядов в условиях любой видимости в ручном режиме, либо в автоматическом режиме в составе автопилота, управления секциями опрыскивателей и сеялок, управления нормой высева, дифференцированного внесения удобрений.

**Состав:** базовый блок – курсоуказатель со встроенным двухчастотным L1/L2 GPS-приемником и креплением типа RAM-MOUNT на саморезах; антенна AG-25 – двухчастотная L1,L2, двухсистемная GPS/ГЛОНАСС, с магнитным основанием; комплект кабелей для антенны и питания.

### **Технические характеристики:**

Цветной сенсорный дисплей с диагональю 8”;

27 светодиодов в курсоуказателе.

Интерфейсы:

2 порта RS232/CAN;

1 порт CAN/Питание;

USB – для подключения USB накопителей;

TNC – в/ч вход для антенны AG 25;

TNC – в/ч вход для антенны RTK;

Слот для радиомодема RTK 450 или 900 Мгц.

Типы дифференциальных поправок:

OnPath – встроенная бесплатная поправка – предназначена как резервная в случае пропадания сигнала – действует в течение примерно 20–30 минут. Точность около 30 см.



Рис. 6. Многофункциональный дисплей Trimble CFX-750

EGNOS – бесплатный европейский сервис. На территории России работает нестабильно и не рекомендуется для работы.

Omnistar HP/XP – платный спутниковый сервис. Точность около  $\pm 10$  см.

RTK-поправка поступает через радиоканал или GSM (при наличии полного покрытия) от базовой станции. Точность около  $\pm 2$  см.

Для расширения функций курсоуказателя возможно подключение следующих опций:

подключение автопилота Trimble Autopilot или устройства подруливания EZ-Steer;

подключение внешнего курсоуказателя LB 25 и джойстика EZ-Remote;

- подключение до двух внешних видеокамер Trimble CFX-750 AgCAM для наблюдения за агрегатами во время работы на поле;

подключение внешнего GSM/GPRS модема Ag3000 или Sierra для передачи данных с прибора в офис в режиме реального времени при работе с программным обеспечением Connected Farm, FarmWorks;

активация функции Field-IQ при работе совместно с системой Trimble True Count для управления секциями (до 48 штук) сеялок и опрыскивателей, управления точным высевом семян, а также функции VRA – дифференциального внесения удобрений на сеялках, опрыскивателях и разбрасывателях;

активация режима дифференциальных спутниковых поправок OmniStar HP/XP;

активация режима RTK для работы с базовыми станциями;

активация Глонасс.

Данные системы параллельного вождения (**Outback S-lite, Outback S3, Trimble EZ-Guide 500, Trimble EZ-Guide 250** и Trimble CFX-750) являются разработкой компании **Trimble**.

### Подруливающее устройство Trimble EZ-Steer

**Trimble EZ-Steer** – подруливающее устройство (рис. 7) для высокоточного вождения сельскохозяйственной техники при выполнении технологических операций. Точность работы устройства определяется навигационным прибором, т.е. поправкой GPS-сигнала: EGNOS – 15–30 см, OnPath – 20–40 см, Omnistar VBS – 15–20 см, Omnistar HP/XP – 5–10 см и настройками навигационного контроллера, имеющего в составе два акселерометра и два гироскопа. Запатентованная система компенсации неровностей T2 позволяет проводить работы на неровных поверхностях с высокой точностью.



Рис. 7. Подруливающее устройство **Trimble EZ-Steer**

#### **Преимущества Trimble EZ-Steer AgGPS:**

подруливающее устройство просто в установке, настройке и эксплуатации;  
с Trimble EZ-Steer может работать практически на любой сельскохозяйственной машине с легким рулевым управлением.

**Недостатки:** Важным недостатком данной системы является часто возникающее проскальзывание прижимного ролика. Не может использоваться на технике с «тугим» рулевым управлением – тракторы типа МТЗ.

### Система рулевого управления Trimble EZ-Pilot

Система рулевого управления Trimble EZ-Pilot (рис. 8) является аналогичной системой Trimble EZ-Steer AgGPS:

**Быстро реагирующий мотор.** Ускорение вывода агрегата на курс и надежное его удержание на нем.



Рис. 8. Система рулевого управления Trimble EZ-Pilot

**Высокий крутящий момент.** Управление агрегатами с «жестким рулем», возможна установка на трактора типа МТЗ-1221 с гидрообъемным рулевым управлением.

**Плавный, чистый дизайн.** Интеграция в рулевую колонку обеспечивает свободный доступ ко всем приборным панелям, не уменьшая свободное место для ног в кабине.

**Совместимость опций.** Установка системы управления на оригинальную штангу и рулевое колесо агрегата.

**Высокая гибкость.** Не мешает ручному управлению трактором, когда электродвигатель не используется.

### Система автоматического управления Trimble AgGPS Autopilot.

Автоматизированная система рулевого управления Trimble AgGPS Autopilot осуществляет автоматическое вождение сельскохозяйственной техники. Технология компенсации поверхности ТЗ обеспечивает точную работу системы в составе трактора с прицепными орудиями на склонах и полях с грубым рельефом.

**Интегрированный дисплей FmX.** Большой цветной дисплей, прием сигналов GPS + ГЛОНАСС, поддержка всех приложений Trimble.

**Курсоуказатель CFX-750.** Встроенный двухчастотный GPS-приемник, поддержка ГЛОНАСС, OmniStar XP/HP, RTK.

**GNSS-приемник 442.** Встроенный 72-канальный приемник с поддержкой GPS, ГЛОНАСС, RTK и сигналов L1/L2/L2C/L5, идеален для работы в сложных условиях.

**GPS-приемник 262.** Все в одном, приемник GPS/DGPS/RTK и антенна с поддержкой RTK, OmniSTAR HP/XP, OmniSTAR VBS или SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS).

**Датчик поворота колес** измеряет угол поворота не используя движущиеся части или тяги и непрерывно передает на контроллер данные, используемые системой управления для точного следования курсу даже при движении по склонам и холмистой местности.

**Навигационный контроллер** с технологией T3, получает данные о наклоне агрегата от шестиосевых датчиков, корректирует истинную позицию и передает команды системе управления для удержания трактора и агрегата на курсе.

## Системы параллельного вождения Leica moJoMINI

### Основные возможности системы параллельного вождения Leica moJoMINI (рис. 9):



Рис. 9. Системы параллельного вождения Leica moJoMINI

максимально используется ширина агрегата, перекрытия проходов сводятся к минимуму;

возможность работать ночью и при низкой видимости – увеличивается коэффициент использования техники;

повышается скорость движения агрегата (актуально для мощной техники);

повышается комфортность работы водителя – важно для неподготовленных механизаторов.

#### **Технические характеристики устройства:**

Характеристики устройства стандартны для GPS-навигационных систем. Цветной сенсорный экран 4,3 дюйма с управлением стилусом, слот для карты SD, зарядный порт mini USB, разъем для наушников и встроенный громкоговоритель. Система работает на базе DGPS-приемника Leica SmartAg, имеющего 14 каналов L1 GPS, SBAS (для WAAS, EGNOS, и др.) и работающего по технологии GLIDE GPS для обеспечения точности навигации.

На устройство установлено навигационное ПО компании Leica Geosystems, обеспечивающее максимальную эффективность GPS-навигации как во время полевых работ, так и на дороге.

Функционирование пошаговой навигации на Leica moJoMINI обеспечивает компания Intrinsic Software International, Inc., одна из крупнейших компаний по программному и навигационному обеспечению мобильных телефонов.

Компактный навигатор Leica MoJoMINI легко устанавливается в кабину трактора или в салон автомобиля. Многофункциональная система позволяет оптимизировать технологические процессы, а в дороге – оптимизировать маршрут.

В комплект поставки входят автомобильное зарядное устройство, крепление на приборную панель и держатель.

**Характеристики и спецификации Leica MoJoMINI:** 11 см цветной сенсорный экран; встроенный громкоговоритель; питание от 12–24 В; встроенный аккумулятор обеспечивает автономную работу около двух часов; GPS-приемник, встроенный в навигатор; агрономический калькулятор.

#### **DGPS-приемник Leica SmartAg:**

- Питание 12–24 В.
- 14 каналов L1 GPS.
- Технология GLIDE для сверхвысокой точности.
- Точность между рядами +/- 12,5 см с использованием SBAS (для WAAS, EGNOS и др.). Данные поправки не работают в России, максимальная точность без поправок сопоставима с аналогичными приборами +/- 30 см.
- 5 м шнура питания.
- Магнитное или обычное крепление.

#### **Навигация в поле:**

Автоматическое Bluetooth® подключение к приемнику Leica SmartAg.

A+ направление (угол); контурные параллельные линии (кривые); кругоподобные параллельные линии.

Разные режимы параллельного вождения: АВ прямые параллельные линии;

Трехмерное навигационное изображение.

Имитация светодиодов.

Дневной и ночной режимы работы.

Индикатор точности сигнала.

Установка расстояния между рядами в метрах.

Индикатор скорости в км/ч.

## Сенсорный экран Leica Mojo3D

**Leica mojo3D** (рис. 10) сочетает в себе 18-сантиметровый цветной сенсорный экран с уникальным 3D-изображением и графическим меню, компьютер надежно защищен крепким пылевлагоустойким металлическим корпусом.

Leica mojo3D позволяет наращивать нужные пользователю функции. Может использоваться как система параллельного вождения с измерением поля и маркировкой обработанной площади, или дополнительно с функцией отключения секций опрыскивателя, или как система автопилот с бесплатным сигналом или базовой станцией.



Рис. 10. Цветной сенсорный экран Leica mojo3D

### **Технические характеристики и функции устройства:**

**вождение:** прямые АВ, А+, угол; импорт/экспорт линий; сохранение линий на флешку.

**Картография:** запись обработанной площади; запись/возобновление пройденного маршрута; импорт/экспорт маршрутов и обработанных участков; 3D-моделирование техники; задание габаритов техники и агрегата (высота, длина, ширина); несколько режимов изображения трактора на поле; детальное, последовательное задание параметров вашей техники и агрегата.

**Глобальная система спутниковой навигации:** вмонтированный L1 GPS-приемник с GLIDE, усовершенствованная технология GLIDE для допустимой точности от прохода к проходу.

**Ручное управление и возможность дооснащения автопилотом:** 18-сантиметровый цветной сенсорный экран с высококачественной 3D-графикой; удобное графическое управление, 3D-изображение поля или традиционное изображение

трактора «сверху»; удобный индикатор смещения с линий движения; влагопылестойкий металлический корпус Virtual Wrench.

**Дистанционная поддержка:** дистанционная диагностика бортового компьютера; дистанционное обновление программного обеспечения.

**Настройка:** настройка понятна через ассоциированные рисунки; обновление, сохранение и возобновление всех параметров с карточки памяти; система подсказок к каждой кнопке и настройке.

**Основным недостатком** курсоуказателей Leica является отсутствие возможности подключения к другим внешним устройствам и борткомпьютерам сельхозмашин, нет поддержки протокола ISOBUS.

### Автопилот Leica mojo GLIDE

Автопилот (подруливающее устройство) Leica mojo GLIDE (рис. 11) позволяет работать трактору или другой самоходной технике с точностью 7–12 см.



Рис. 11. Автопилот Leica mojo GLIDE

Данный автопилот обладает самой высокой бесплатной точностью среди аналогов за счет использования двухантенного решения. Комбинация антенн и датчиков позволяет вычислять отклонения для компенсации неровностей, т.е. выполняет функцию навигационного контроллера.

Есть возможность дополнительного повышения точности работы автопилота (подруливающего устройства) путем обновления программного обеспечения и установки в хозяйстве одной базовой станции для повышения точности принятия сигнала. Таким образом, точность вождения может быть повышена до 2–3 см.

Есть возможность использования данного оборудования с подруливающим устройством устанавливающимся непосредственно на руль при невозможности подключить автопилот в штатную гидравлическую систему трактора.

#### **Система навигации GPS, ГЛОНАСС.**

В состав входят две DGPS-антенны, а не одна, как у других аналогичных приборов (за счет этого достигается повышение точности).

**Основной недостаток:** не поддерживает протокол ISOBUS, нет возможности подключать внешнее оборудование, проскальзывание прижимного ролика.

#### **Варианты установки:**

Для трактора, подготовленного к установке автопилота (на борту стоит надпись "Autotrack Ready" или "GreenStar Ready").

С помощью специальных проводов mojoGLIDE встраивается в систему трактора и обеспечивает автоматическое подруливание колес при выполнении технологических операций в поле.

**Для трактора без предварительной подготовки к установке гидравлического автопилота.**

К mojoGLIDE с помощью специального кабеля (CAN-шины) подключается устройство автоматического подруливания Quick Steer.

## Система параллельного вождения TeeJet CenterLine 220

Система параллельного вождения (курсоуказатель) CenterLine 220 (рис. 12) разработана компанией TeeJet Technologies (США) для эффективного управления машинно-тракторными агрегатами. Стандартная точность CenterLine 220 составляет  $\pm 30$  см, что позволяет использовать его при проведении полевых работ по внесению удобрений и других видах работ.



Рис. 12. Система параллельного вождения (курсоуказатель) CenterLine 220

Главными достоинствами курсоуказателя CenterLine 220 являются простота в управлении, надежность в работе и доступная цена. CenterLine 220 позволяет точно по заданной траектории водить трактор, опрыскиватель или комбайн при любой видимости – ночью, в тумане, при сильной запыленности.

Прибор параллельного вождения CenterLine 220 обладает следующими особенностями:

Линейка светодиодов и графический дисплей для выдачи полной информации по управлению сельскохозяйственной машиной.

Наличие высококачественного встроенного GPS-приемника с наружной антенной. Простота в установке, настройке, эксплуатации и управлении на любом сельскохозяйственном агрегате.

Режимы движения по прямым и кривым параллельным линиям (рис. 13).

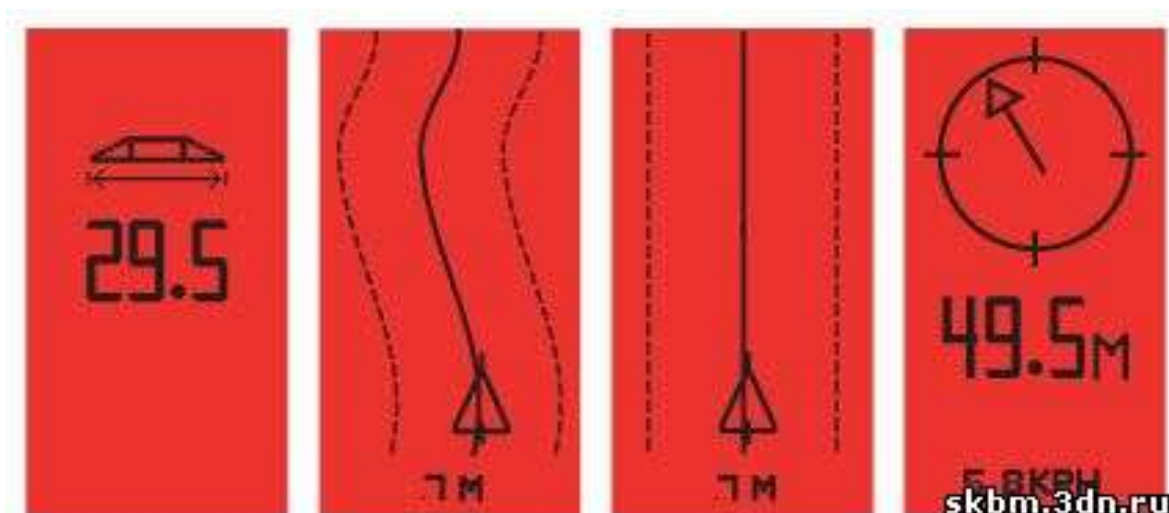


Рис. 13. Примеры отображения информации на дисплее:

Функция «вернуться в заданную точку».

Износостойкая панель управления с защищенным регулируемым экраном для дневной и ночной работы. Отсутствие солнечных бликов на экране.

Возможность использования информации о скорости движения агрегата с другим оборудованием.

Возможность подключения к системе автопилота.

### **Система Teejet Matrix 570G+RXA30**

**Система Matrix 570G**, 570 – размер экрана 5,7" (14,5 см); G – guidance (рис. 14).

Навигация в режиме реального видео RealView™ – эксклюзивная функция от Teejet. Навигационная информация и реальное видеоизображение поля одновременно отображаются на экране;

Имеет сенсорное управление, USB-порт позволяет обновлять программное обеспечение и экспортировать данные на внешние носители;

Встроенный световой дисплей с Led-индикаторами обеспечивает постоянное целеуказание вне зависимости от состояния экрана (рис. 15);

Составляется карта обработанной площади;

Легкое крепление прибора в кабине трактора с помощью стандартного кронштейна



Рис. 14. Система Teejet Matrix 570G+RXA30

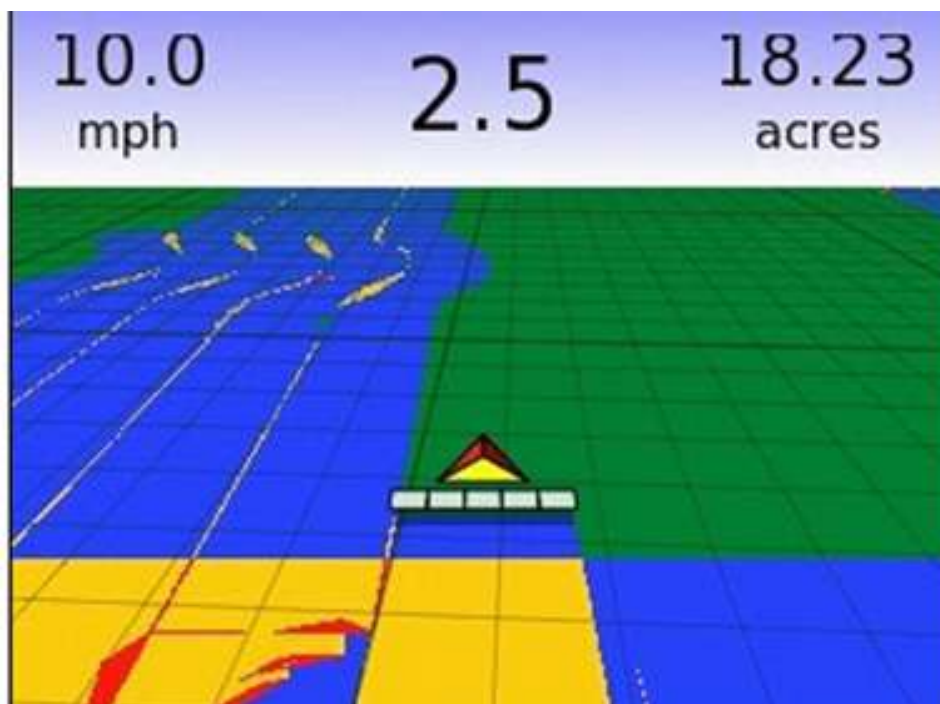


Рис. 15. Вид экрана системы Teejet Matrix 570G+RXA30

**Систему можно дополнительно оснастить:** автопилотом FildPilot™; автоматическим контролем секций – BoomPilot™; датчиком компенсации наклона; видеокоммутатором для подключения до 4 камер; внешним GPS-приемником или улучшенной антенной.

**Вид экрана:** обработанная площадь отображается голубым цветом; площадь, обработанная дважды, отображается желтым цветом; площадь, обработанная три раза и более, отображается красным цветом.

При картировании информация сохраняется в нескольких форматах:

SHP – для использования в агропрограммах (GIS); PDF – заранее составленный отчет; KML – для просмотра обработанного участка в Google Earth.

Основным недостатком курсоуказателей TeeJet является отсутствие возможности работы с разбрасывателями минеральных удобрений и системами картирования урожайности.

### Курсоуказатель Raven Cruiser

Отличительной особенностью Raven Cruiser (рис. 16) является полное отсутствие всяких кнопок – все управление осуществляется через цветной сенсорный экран.



Рис. 16. Курсоуказатель Raven Cruiser

### **Основные преимущества:**

Простота и удобство работы достигаются за счет использования большого цветного сенсорного экрана с диагональю 16 см, обладающего высоким разрешением, а также интуитивно понятных меню и индикаторов состояний, основанных на применении значков.

Полностью русифицированное меню. Дневной и ночной режимы обеспечивают хорошую видимость в любое время суток.

Встроенная индикаторная панель гарантирует высокую точность навигации.

Простая установка в два этапа. Позволяет установить устройство за несколько минут.

В качестве источника питания используется прикуриватель.

**Встроенный DGPS-приемник на 10 Гц.** От прохода к проходу обеспечивает высокую точность данных о перемещении машины по обрабатываемой полосе. Точность при использовании бесплатного сигнала EGNOS составляет +/- 15–20 см. Также существует возможность использования системы поправок e-diff в местах, где корректирующий спутник EGNOS недоступен.

**Выбор схемы навигации.** Четыре схемы навигации облегчают выбор траектории и обеспечивают более точное покрытие. Схемы включают в себя движение по прямой А–В, фиксированной кривой, движение по кругу, а также эксклюзивную схему Raven «по последнему проходу» для полей неправильной формы. Схема навигации по последнему проходу, используемая системами Raven, является самой простой технологией навигации по контуру предыдущего прохода и превосходно подходит для террасовых полей.

Возможность просмотра изображения в режимах вида сверху или трехмерного изображения. Экран обзора поля позволяет убедиться в том, что обработана вся площадь поля, и обнаружить пропущенные участки. Устройство ведет подсчет площади в пределах заданных границ.

**Отчетность об обработанном участке.** В Cruizer заложена возможность записывать треки на флеш-накопитель. Далее файлы точечной графики можно быстро сохранять и печатать отчеты, показывающие карту покрытия, обработанную площадь и т.п. Файлы SHP (Shapefile) привязаны к географическим координатам и могут импортироваться в большинство стандартных картографических ПО. С помощью файлов KML можно импортировать информацию о покрытии в Google™ Earth и использовать их ПО для нанесения карты покрытия на фотографии полей со спутника, что позволит достичь оптимальной визуализации.

**Дополнительное оборудование:** система позволяет установить дополнительное оборудование, а именно: систему автоматического вождения Raven (Smartrax или Smarsteer), а также датчик компенсации наклона Raven (TM-1).

## **Панель Raven Envizio Pro**

Raven Envizio Pro – система навигации, которая кроме основных способов ведения агрегата (прямая АВ) использует для ориентирования последний на данный момент времени проход по полю – LastPass (рис. 17).

Эта схема позволяет оператору двигаться по полю параллельно последнему проходу, без учета предыдущих или первого проходов. Схема LastPass актуальна для работы на поле с препятствиями, где необходимо отклоняться от заданной линии.

Она позволяет определить, какая часть поля уже обрабатывалась, что снижает вероятность пропусков или наложение участков обработки:



Рис. 17. Панель Raven Envizio Pro

- совместимость с контроллером SmarTrax и панелями Raven Lightbars;
- вид поля из кабины и сверху;
- экран состояния GPS с функцией автоматической настройки Autodetect;
- площадь поля и обработанная площадь;
- общий план поля с возможностью изменения масштаба изображения и фиксации отражения транспортного средства на экране;
- интерфейс с цветным сенсорным экраном;
- автономная установка или интерфейс с уже имеющимися светодиодными панелями Raven Lightbar;

### **Курсоуказатель Raven RGL600 Lightbar**

**Курсоуказатель Raven RGL600 Lightbar (рис. 18)** имеет следующие характеристики:

- 2 USB-порта для передачи данных;
- система крепления RAM;
- светодиодные индикаторы и система экранной навигации;
- отображение карт покрытия на экране путем аппаратного обнаружения штанги или с помощью нажатия на сенсорный экран;

режим «План поля» с указанием наложении обрабатываемых участков;  
регистрация данных: возможность сохранения и загрузки карт покрытия;  
функция «наземный курс» (COG) для схемы прямолинейного движения;  
возможность переключения между схемами "LastPass" и прямолинейного движения по линии АВ в рамках одной задачи.



Рис. 18. Курсоуказатель Raven RGL600 Lightbar

### **Устройство подруливания RAVEN Smart Steer**

Устройство подруливания RAVEN Smart Steer (рис. 19) – подруливающее устройство, созданное для высокоточного управления сельскохозяйственной техникой.

Точность работы Smart Steer в комплекте с курсоуказателем составляет 2–30 см (в зависимости от поправки GPS-сигнала): EGNOS – 15–30 см, E-diff – 15–30 см, Omnistar VBS – 15–20 см, Omnistar HP/XP – 5–10 см, работа с базовой станцией – 2–5 см при идеальном состоянии рулевого управления.

Подруливающее устройство Smart Steer состоит из курсоуказателя Cruiser с GPS-антенной, датчика наклона, блока управления, навигационного контроллера с гироскопом, набора проводов и кронштейнов.

#### **Основные характеристики Smart Steer:**

прост в установке, эксплуатации и переустановке на другую единицу техники (если понадобится);

механический автопилот устанавливается на большинство видов техники, включая отечественную;

данный автопилот может учитывать колебания антенны, при передвижении техники по неровной местности, за счет гироскопов.

Штатно системы RAVEN устанавливаются на сельскохозяйственные машины корпорации AGCO (Challenger, Massey Ferguson, Valtra, Fendt). Имеется возможность работы с телеметрией.



Рис. 19. Устройство подруливания RAVEN Smart Steer

### **Система параллельного вождения Green Star John Deere (Parallel Tracking) и автопилоты (Auto Trac) Система параллельного вождения Parallel Tracking**

Система параллельного вождения Green Star John Deere (Parallel Tracking) и автопилоты (Auto Trac 200) (рис. 20) – это решение для установки системы вождения на машины предшествующих моделей производства компании John Deere, а также на тракторы, комбайны и кормоуборочные комбайны других производителей.

При установке на другие машины позволяет воспользоваться преимуществами высокой производительности, которые обеспечивает проверенная в эксплуатации система AutoTrac.

#### **ПРЕИМУЩЕСТВА УНИВЕРСАЛЬНОГО КОМПЛЕКТА AUTOTRAC**

1. Работает с оригинальной системой GreenStar (приемником StarFire iTC, дисплеем GreenStar, мобильным процессором), новыми дисплеями системы GreenStar2 и программным обеспечением AutoTrac KeyCard.
2. Легко устанавливается и обладает возможностью его переустановки с одной машины на другую.
3. Дает возможность воспользоваться функцией автоматического вождения с «варьируемой» точностью и встроенным модулем коррекции положения с учетом рельефа.



Рис. 20. Система параллельного вождения Green Star John Deere

4. Обеспечивает высокую производительность и экономичность на предыдущих моделях оборудования John Deere, а также на моделях других производителей.

5. Позволяет снизить уровень усталости оператора, помогая ему сосредоточиться на работе. Ведь оператору не нужно вести транспортное средство, так как оно работает в автоматическом режиме, и ему приходится брать за руль только при разворотах на конце гона или при объезде препятствий.

6. Позволяет сократить площади взаимных перекрытий за счет высокой точности и меньшего количества проходов.

### **AMS – система точного земледелия John Deere (StarFire)**

**Система точного земледелия StarFire** (рис. 21) позволяет производить обработку полей в соответствии с зональными особенностями (урожайность, структура почвы, влажность или высота местности), более точно определять нормы внесения удобрений и химикатов, оптимизируя затраты и максимизируя прибыль.



Рис. 21. Система точного земледелия John Deere (StarFire)

**Система GreenStar** – известнейший бренд среди систем точного земледелия, представляет собой три общих аппаратных компонента, созданных для совместной работы:

Greenstar 3 2630 дисплей;

- приемник Star Fire 3000 – совместим с ГЛОНАСС. Совместим с сигналами: SF1, SF2, RTK;

- Green Star 3 2630 поставляется с установленным Parallel tracking приложением;

- для большей функциональности просто обновите систему с AutoTrac или AutoTrac Universal 200 или добавьте передовые решения, как IТЕС Pro, Pivot Pro;

- GreenStar 2630 дисплей имеет видео вход. Видео можно просматривать во время работы машины непосредственно на дисплее;

- GreenStar 2630 экономит ваши затраты на дополнительный монитор. Дает вам краткий обзор значений производительности машины, такие как: использование топлива (л/ч), рабочая скорость, производительность, нагрузка на двигатель;

- новые характеристики системы вождения – показ границ поворотной полосы, сигнал о приближении к концу полосы, многоконтурная разметка А–В на каждое поле;

- новые характеристики системы сбора данных и новые программные модули системы.

Управление машинным парком – целый программный пакет, позволяющий осуществить эффективную организацию и управление парком машин даже при пиковых нагрузках.

**FleetManagement** позволяет отслеживать работу машин в поле, не выходя из офиса, обеспечивая передачу информации о местоположении, состоянии и производительности машины, что помогает контролировать, где и какую работу выполняет данная машина.

Пакет **Preventive Maintenance** обеспечивает сбор данных в целях контроля работки. Такой контроль позволяет грамотно составить график регламентного обслуживания.

Приложение **ParallelTracking** позволяет выполнять смежные проходы по полю строго параллельно, повышая степень точности обработки почвы и производительности. Система вождения ParallelTracking помогает снизить площади огрехов и перекрытий, позволяет экономить вносимые удобрения и снижает затраты.

Приложение **AutoTrac** – система, обеспечивающая параллельность смежных проходов в автоматическом режиме (оператору не нужно брать за руль, кроме как при разворотах в конце гона и для объезда препятствий).

## **"i-Solutions" – система интеллектуальных решений John Deere**

Система интеллектуальных решений, созданных для оптимизации и автоматизации управления при выполнении работ в области сельского хозяйства.

i-решения применимы во всех сферах деятельности сельского хозяйства. Благодаря им в технику закладываются интеллектуальные характеристики, снижая тем самым нагрузку на оператора и повышая эффективность и производительность работы машины.

i-решения от John Deere включают в себя ассортимент i-машин, поступающих непосредственно из завода-изготовителя и оборудованных пакетом i-компонентов, идеально агрегируемых с любым видом машин



Рис. 22. Выполнения задания с использованием "i-Solutions" John Deere Работа

#### **Система i-Solutions:**

1. i-машины, которые непосредственно на заводе оснащаются интеллектуальными, автоматическими функциями, которые помогут в повседневной работе в поле. Они дают возможность сконцентрироваться на процессах обеспечивающих повышение производительности;

2. i-комбайны оборудуются системами AutoTrack, HarvestSmart и HarvestDoc для оптимизации контроля за объемом убираемого зерна и проведения анализа урожайности;

3. i-кормоуборочные комбайны – система HarvestLab непрерывно контролирует уровень влажности; система AutoLock автоматически выбирает оптимальную длину резки для наилучшей сохранности силоса; система HarvestDoc гарантирует запись и сохранность всех данных об урожайности;

4. i-опрыскиватели оснащаются системами SprayerPro, BoomTrack, AutoTrac, а также имеют поддержку системы ISOBUS;

5. i-tools для каждой i-машины John Deere предлагает дополнительные интеллектуальные опции (i-tools), которые позволяют вам расширить функциональную базу ваших машин согласно возрастающим нуждам..

Штатно данные терминалы устанавливаются на сельскохозяйственные машины John Deere с возможностью работы системы **i-tec pro** (система интеллектуального

управления сельскохозяйственной машиной). Имеется возможность работы с телеметрией.

### Система Müller-Elektronik TRACK-Guide

**TRACK-Guide** является усовершенствованной моделью популярного **Basic Terminal Top**.

TRACK-Guide (рис. 23) является системой ведения по трекам, работающая в режиме параллельного вождения по линии АБ или от предыдущего прохода.

На цветном дисплее отображаются границы поля, обработанные и необработанные площади, проходы и препятствия. Перед препятствием или при достижении границы поля водитель предупреждается звуковым сигналом и сообщением на дисплее. Кроме этого, в нижней части дисплея отображается скорость движения, обработанная площадь и качество сигнала D-GPS.



Рис. 23. Система Müller–Elektronik TRACK-Guide

Система предоставляет возможность запоминания данных агрегата и трактора, а также различных данных о полях. При следующей операции на поле эти данные могут быть снова использованы.

Центральная часть экрана показывает схематичное изображение поля и машины, а также уже обработанную площадь (зелёная маркировка). Изображение всегда ориентируется в направлении движения. Масштаб изображения может быть в любой момент изменён поворотом рукоятки. Обычно показывается двухмерное изображе-

ние, но нажатием кнопки 3D может показываться трехмерное изображение с учётом перспективы.

В левом нижнем углу показывается скорость движения, пройденное расстояние и обработанная площадь. Расчёт обработанной площади производится без учёта перекрытия дорожек. Это означает, что дважды обработанная площадь будет суммироваться и обработанная площадь окажется больше фактической площади поля.

Программа TRACK-Guide поддерживает 2 режима вождения:

параллельное вождение;

контурное (автоматическое) вождение.

#### **Параллельное вождение:**

Параллельное вождение, называемое также АБ вождением, применяет только прямые линии на поле. Для их расчёта необходимо задать 2 пункта, А и В, отстоящие друг от друга для точного расчёта на максимально возможном расстоянии (не менее чем 20 метров).

**Вождение параллельно предыдущему проходу (идентичная кривая или адаптивная кривая):**

При криволинейном движении место очередного прохода определяется через непрерывное запоминание пройденных точек между началом и концом движения соседнего прохода.

Компоненты данной системы чаще всего идут в комплекте с опрыскивателем, разбрасывателем минеральных удобрений либо сеялкой.

## **Система параллельного вождения Topcon Topcon System 110/150/250/350**

Система параллельного вождения **System 110 GPS/ГЛОНАСС/Omnistar VBS/RTK Corse/Deon** (рис. 24) включает в себя цветной экран 5", точность по встроенной бесплатной дифференциальной поправке DEON (аналог e-Dif) – **15–30 см**; есть возможность расширения до автопилота, поддержка одночастотной базовой станции с точностью 5 см, возможность управления секциями опрыскивателя.

**Типы диф-поправок:** бесплатная встроенная корректирующая поправка DEON (15–30 см), Omnistar VBS (15–20 см), Omnistar HP/XP (5–10 см).

**Опция:** RTK (2–3 см) с базовой станцией на расстояние до 25 км.

**Комплектация:** цветной дисплей GX-45, 5", антенна AGI-3 с встроенным приемником GPS/ГЛОНАСС/Galileo и инерциальным блоком, универсальное крепление для антенны на крышу трактора, электронный руль AES-25, адаптер на руль трактора (предназначен для крепления электронного руля), зависит от модели трактора.

**Опция:** CAN Интерфейс, применяется вместо AES-25 для тракторов, подготовленных к автопилотированию AutoTrack Ready.

#### **Функциональные возможности:**

Встроенный в антенну двухчастотный приемник GPS/ГЛОНАСС/Galileo.

Электронный руль устанавливается вместо штатного руля с помощью адаптера, который подбирается под модель трактора.

Для подготовленных на заводе тракторов для автопилотирования (например, John Deere AutoTrack Ready, CASE AccuGuide Ready, NH IntelliSteer Ready, AGCO

Auto-Guide Ready) система 150 напрямую подключается к трактору через CAN интерфейс.



Рис. 24. Система параллельного вождения System 110 GPS/ ГЛОНАСС/Omnistar VBS/RTK Corse/Deon

Базовая версия системы 150 Omnistar HP/XP легко расширяется до RTK за счет добавления высокоточного инерциального блока с встроенным радио или GSM модемом, а также мобильной или стационарной базовой станции RTK.

**Преимущества:**

Наличие дополнительного приемника ГЛОНАСС позволяет устойчиво работать в зонах с затрудненным приемом сигналов – в балках, посадках и т.д.

Высокая точность вождения до 2–3 см.

Легко переставляемый руль позволяет установить автопилот на любую технику с гидроусилителем руля.

### **Topcon System 350 консоль 30x**

**Topcon System 350 консоль 30x** (рис. 25) имеет большой 12.1 дюйма сенсорный экран, с графикой высокого разрешения. Панель построена на базе процессора с частотой 1.6 ГГц. Объем памяти 32 Гбайта. Сертификат прочности IP67. Контроллер X30 позволяет управлять функциями распыления, разбрасывания или посева и содержит систему виртуального переключения панелей. Плавное управление скоростью для 8 продуктов/каналов, автоматическое управление с интерфейсом ISO для распылителей и сеялок, система ASC-10 обеспечивает автоматическое 10-канальное

управление распылителями, сеялками или разбрасывателями с управлением интенсивностью потока жидкости до 8 продуктов

Консоль 30X предлагает несколько функций ввода-вывода для максимального использования данных. Меню Клиент/Ферма/Поле/задача позволяет сократить несколько настроек полей и задач для различных хозяйств, затем создать подобные отчеты для отслеживания данных и анализа результатов нескольких лет.



Рис. 25. Topcon System 350 консоль 30x

**Данные включают:**

Отчет по задачам, которые можно экспортировать в удобные для дальнейшего просмотра файлы в PDF.

Регистрация площади обработки, а так же возможность экспорта в виде карт обработанных площадей с пометками в виде флажков.

Импорт файлов, форм и карт задания.

Расчет обработанной и оставшейся площади.

Функция AutoLocate (автоматического распознавания поля) для упрощения идентификации поля и загрузки задания.

Виртуальный терминал ISO взаимодействует со всеми распространенными контроллерами и различными блоками управления навесного оборудования.

## Функция автоматического управления системы System 350

### Приемник и контроллер системы рулевого управления AGI-3.

Комплексное решение для рулевого управления с полностью интегрированными инерционными датчиками, в системе AGI-3 (рис. 26) имеется функция полной компенсации рельефа. Кроме того, она отличается отличной обработкой профиля и поддержанием заданной траектории.

Дополнительные компоненты рулевого управления AGI-3 включают электрический, гидравлический интерфейс AES-25 или прямое подключение к машинам, поддерживающим автоматическое управление.

Для достижения максимальной точности достаточно лишь подключить модуль обновления для использования технологии RTK на частоте 900 МГц, цифрового диапазона UHF или GSM.

Совместимость с базовыми станциями Topcon, сетями GSM и CORS.

В приемнике AGI-3 используется чип комбинированного приемника G3 тройного назначения Topcon Paradigm, что позволяет ему принимать сигналы со всех имеющихся спутников. Большое число спутников означает повышенную точность, лучшее качество приема вокруг холмов, деревьев, а также ежедневную и круглосуточную работу.



Рис. 26. Приемник и контроллер системы рулевого управления AGI-3

### Дополнительная система точного электрического управления AES-25.

Удобство электрического управления в сочетании с производительностью гидравлической системы. Система AES-25 обеспечивает быстрое и четкое реагирование с точностью до 2 см. Установка является аккуратной и удобной без внешних компонентов, которые могут мешать нормальной работе внутри кабины. Прямой привод, двигатель с высоким крутящим моментом обеспечивают бесшумную работу.

### Поддержка виртуального терминала (VT) ISO:

X30 VT поддерживает технологию автоматического конфигурирования для прямого управления основными мониторами и контроллерами сеялки, посевного агрегата и распылителя с использованием отраслевого стандарта ISO 11783. Терминал VT работает параллельно с системой автоматического управления X30.

Штатно системы Topcon устанавливаются на сельскохозяйственные машины корпорации AGCO (Challenger, Massey Ferguson, Valtra, Fendt). Имеется возможность работы с телеметрией.

## Система параллельного вождения Arag

Системы параллельного вождения и автопилоты **SKIPPER** производства **ARAG** (рис. 27) – это приборы-курсоуказатели, использующие системы спутниковой навигации для определения текущего положения машин, сельхозтехники. Таким образом, достигается высокая точность вождения по заданным траекториям даже в условиях плохой видимости. Использование таких систем в сельском хозяйстве дает огромную экономию средств и увеличивает производительность.



Рис. 27. Системы параллельного вождения и автопилоты **SKIPPER**

### **Спутниковый навигатор модели SKIPPER производства ARAG (Италия).**

Спутниковая навигационная система параллельного вождения. Предназначена для работы с машинами внесения минеральных и органических удобрений с любой шириной захвата. Позволяет рассчитывать траекторию движения машины и проложить по необходимому оптимальному маршруту.

**Система DGPS навигации выполняет следующие функции:** параллельное вождение, система копирования, выравнивания траектории, работа по заданному контуру, определение площади поля, контроль за производительностью, возвращение к заранее установленной точке, запись в память необходимых параметров, переключение режимов дневной и ночной работы, совместная работа с компьютером опрыскивателя BRAVO 300 (автоматическое отключение секций опрыскивателя в зависимости от траектории движения). Погрешность позиционирования: 1–2 м. Рабочая скорость от 0 до 60 км/ч.

**Комплектность:** противоударный корпус с цветным ЖК-дисплеем 4", порт USB 1.1, GPS-антенна, силовой кабель 12 Вольт, вход для подключения системы управления компьютером опрыскивателя BRAVO 300, крепление для корпуса.

**Основной недостаток:** низкая точность позиционирования, низкие функциональные возможности, нет системы автоматического вождения.

## Система параллельного вождения Farmnavigator Satcon System

G 6 Farmnavigator (система параллельного вождения, курсоуказатель) (рис. 28) – это результат партнерства компании AvMap, итальянского лидера в области GPS навигации с 1994 г и компании Satconsystem, специалиста в высокотехнологичных решениях для сельского хозяйства.



Рис. 28. Система параллельного вождения, курсоуказатель G 6 Farmnavigator

**Принцип работы:** чтобы получить помощь в вождении по курсовой линии, необходимо задать тип желаемой траектории (шаблон): прямая, кривая, по кругу или колея. После того как курсовые линии заданы, указатель курса отображается в верхней панели над картой поля для поддержания движения согласно рассчитанной траектории. В режиме «Прямая», G6 Farmnavigator отображает на экране параллельные прямые линии, вдоль которых должно осуществляться движение. Нажимая А в начале и Б в конце желаемой траектории для задания курсовой (виртуальной) линии.

Задавая курсовую линию «По кругу», создаются концентрические замкнутые траектории, начиная с периметра поля внутрь поля. В режиме «Кривая» задаются курсовые линии на извилистом поле нажимая А в начале кривой и В в конце. Затем параллельные курсовые линии будут отображены на экране.

**Достоинства:** G6 Farmnavigator имеет функцию виртуального контролера штанги опрыскивателя. Эта функция может быть использована для управления опрыскивателем, а также другими прицепными машинами, такими как разбрасыватели удобрений и сеялки с похожим принципом работы. При распределении агрохимикатов на поле очень важно контролировать обработанную зону и не допускать повторной обработки. G6 Farmnavigator наглядно отображает опрыскиватель, воспроизводя точное количество секций и форсунок, и помогает определить, какая секция должна быть включена или выключена в определенный момент. Когда секция опрыскивателя захватывает уже обработанную часть поля, соответствующий указатель виртуального контролера подсвечивается красным, рекомендуя выключить данную секцию. После прохождения обработанного участка индикатор секции загорается желтым, что означает, что секцию нужно включить. Виртуальный контролер штанги опрыскивателя работает со всеми типами курсовых линий. Когда начинается работа на поле, все его данные (периметр, площадь, обработанная зона, метки, время, макси-

мальный DOP и скорость) будут сохраняться в базе данных. Работа на поле может быть приостановлена и затем продолжена в любой момент. Возможно экспортирование данных в формат Google Earth™, а затем просмотр информации по каждому полю на компьютере.

G6 Farmnavigator может быть подключен к USB камере. Нет необходимости в дополнительном экране, так как камера использует экран G6 Farmnavigator. Если необходимо проверить работу машины или посмотреть вид позади прицепа, просто нажмите кнопку «Камера», и видео изображение появится на экране.

Влагозащищенная внешняя GPS-антенна работает в любых условиях. Качественное решение для стационарного размещения, поддержка WAAS / EGNOS DGPS. Камера, удобная для автомобильного и сельскохозяйственного применения, выводит изображение на экран G6 Farmnavigator.

**Основные недостатки:** невысокая функциональная возможность, нет поддержки протокола ISOBUS.

## Система параллельного вождения AVMAP Satellite Navigation

Особенности **AVMAP Satellite Navigation** (рис. 29): навигация для земледелия с точностью  $\pm 30$  см и для автомобиля; GSM/GPRS телефон; алкотестер; проигрыватель мультимедиа.



Рис. 29. Система параллельного вождения AVMAP Satellite Navigation

**Технические характеристики:** 4.8" сенсорный экран; master/slave USB; встроенный GPS U-Blox LEA5; внешняя GPS антенна LEA-5H 4Hz, WASS/EGNOS DGPS; GSM, GPRS; bluetooth для громкой связи.

**Основные возможности:** настройки штанги опрыскивателя; курсовые линии; измерение периметра и площади; база данных полей; совместимо с AvMap USB внешней камерой (опция).

**Основные недостатки:** невысокая функциональная возможность, нет поддержки протокола ISOBUS.

### Терминал AMATRON 3 GPS-Track



Рис. 30 Терминал ISOBUS AMATRON 3 с функцией GPS-Switch и GPS-Track

AMATRON 3 – новинка компании AMAZONE среди терминалов управления ISOBUS, объединяющая известные свойства AMATRON+, такие как управление одной рукой, в одном корпусе и в новой цветовой гамме.

AMATRON 3 предлагает дисплей с разрешением VGA для максимальной чёткости цвета и более широкого угла наблюдения. Дисплей, как и клавиши, имеют подсветку для большей эргономичности при работе в тёмное время суток, а также полноценную совместимость с программным обеспечением менее высокого уровня AMATRON+ и более высокого – ISOBUS, обеспечивая связь между орудиями с системой ISOBUS и орудиями без неё.

С помощью AMATRON 3 пользователи могут надёжно и комфортно управлять всеми машинами AMAZONE с оснащением AMATRON+, а также любыми другими машинами с системой ISOBUS. При наличии ISOBUS можно одновременно управлять несколькими машинами, отражаемыми на дисплее.

Для этого AMATRON 3 предлагает ряд опций программного обеспечения, многие из которых уже заранее установлены и предлагаются в виде пробной версии на 50 часов работы без дополнительных затрат. По истечении этого времени можно определиться с активацией той или иной опции, при сохранении основной функциональности.

**Опции GPS-Track (серия 2012):**

система параллельного вождения на базе GPS, позволяющая работать автономно, например, при культивации;

графическое изображение, диодная шкала и ввод величины отклонения в сантиметровом диапазоне, позволяющая механизатору выбрать правильный путь;

графическое изображение рекомендуемого пути, помогающее легко и безопасно придерживаться заданного курса.

**Функции GPS-Track:**

все известные режимы колеи;

линия А-В; повороты;

адаптация поворотов.

графическая индикация на дисплее;

виртуальная индикаторная полоска (с возможностью настройки);

индикация отклонений;

нумерация колеи;

наглядное определение номера текущей колеи;

назначение препятствий и управление ими;

возможность автономного использования;

функция записи обработанной площади.

**GPS-Track применяется:**

при отсутствии технической колеи;

при использовании после обработки жнивья;

при использовании гербицидов;

при внесении основных удобрений;

при предвсходовой обработке на лугах и пастбищах;

при использовании различных систем технологической колеи (например, трактор проходит только по каждой n-ной колее).

Также на рынке представлены курсоуказатели и системы параллельного вождения других марок, таких как **Ag Leader Technology, Tecnomat, Bertu, Horsh, Lemken** и др., которые являются аналогами **Trimble, Leica** и **Müller-Elektronik**.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	2
1. Сущность и задачи координатного земледелия	3
Контрольные вопросы и задания	9
2. Исторические аспекты координатного земледелия	9
Контрольные вопросы и задания	16
3. Системы параллельного и автоматического вождения	16
Контрольные вопросы и задания	33
4. Картирование в системе координатного земледелия	33
4.1. Изучение неоднородности почвы в условиях Центра точного земледелия	41
4.2. Картирование урожайности	43
Контрольные вопросы и задания	47
5. Дифференцированное внесение удобрений	47
Контрольные вопросы и задания	63
6. Центр точного земледелия (ЦТЗ) РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева	64
Контрольные вопросы и задания	72
Заключение	73
Список литературы	75
Список ссылок	78
Краткий глоссарий	79
<b>Приложение:</b> Курсоуказатели и системы параллельного вождения для сельскохозяйственной техники	81

**Балабанов Виктор Иванович  
Беленков Алексей Иванович  
Березовский Егор Валерьевич  
Егоров Виктор Викторович  
Железова Софья Владиславовна**

**НАВИГАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ.  
КООРДИНАТНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ**