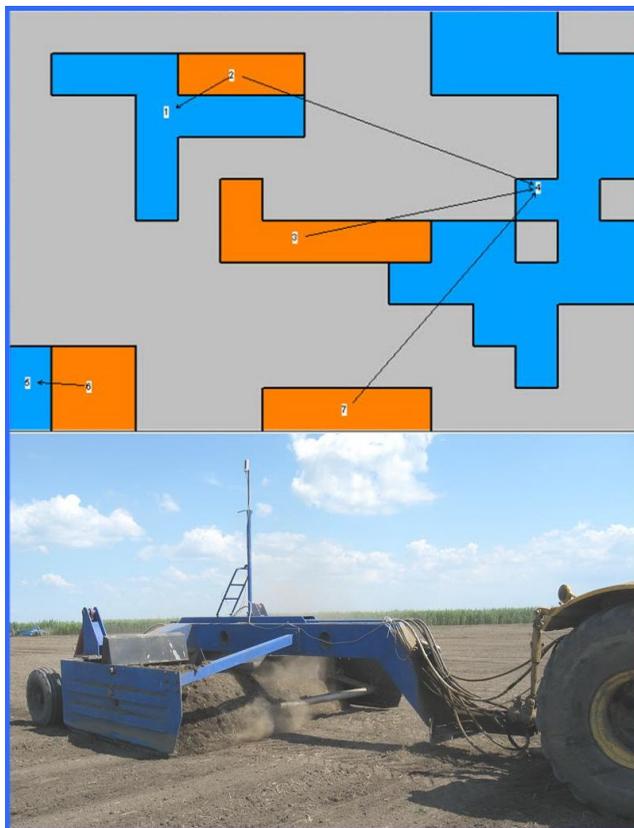


А.Н. Ефремов

**Лазерная планировка
орошаемых земель**



Москва 2016

УДК 631.31: 631.51: 631.587: 631.67: 62-51

ББК 38.621, 38.623, 40.723

Е 92 А.Н. Ефремов

«Лазерная планировка орошаемых земель». - М.:

ООО «Литера Принт», 2016, 52 с., ил. 20, табл. 12, лит. 18.

ISBN 978-5-9905381-2-2

Брошюра посвящена актуальным вопросам проведения лазерной планировки на орошаемых землях (рисовые чеки, поля с поверхностным поливом по бороздам и полосам и др.). Она также может быть полезна при подготовке площадей землеустройства, полигонов, газонов, теплиц, при строительстве дорог, спортивных полей, аэродромов и т.п.

В брошюре собраны и обобщены в кратком изложении обновленные данные и сведения, полученные в результате модернизации лазерных систем и землеройно-планировочных машин, разработки новых средств автоматизации и внедрения в различных хозяйствах Краснодарского края усовершенствованных технологий лазерной планировки рисовых чеков.

Рецензенты:

- Зав. отделом систем поверхностного полива и микроорошения ФГБНУ ВНИИ «Радуга», заслуженный мелиоратор, к.т.н. А.А. Терпигорев,

- Зам. зав. отделом механизации мелиоративных работ ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, к.т.н. Г.Х. Бедретдинов.

Брошюра адресована специалистам и работникам различных организаций, занимающихся проектированием, реконструкцией, модернизацией и строительством оросительных систем. Она также предназначена преподавателям и студентам учебных заведений АПК для ознакомления с современным лазерным оборудованием, землеройно-планировочными машинами и методами их применения.

ISBN 978-5-9905381-2-2

© А.Н. Ефремов, 2016

© ООО «Литера Принт», 2016

Оглавление

стр.

1. Значение планировки орошаемых земель.....	4
2. Состав планировочных работ.....	10
3. Лазерное оборудование для вертикальной съемки.....	11
4. Вертикальная съемка.....	18
5. Проектирование планировки.....	20
6. Применяемые землеройно-планировочные машины.....	22
7 Лазерные системы землеройно-планировочных машин.....	32
8. Технологии планировки	37
9. Контроль точности работ.....	42
10. Совмещенные технологии планировки.....	44
11. Экономическая эффективность лазерной планировки.....	47
Список литературы.....	49

1. Значение планировки орошаемых земель

В мире насчитывается около 280 млн. га орошаемых земель, из которых примерно 85 % орошаются поверхностным поливом (полив по бороздам и полосам, затоплением напуском, дискретное орошение и их различные комбинации). Поверхностный (самотечный) полив является самым дешевым и доступным способом. Он не требует значительных затрат энергии и больших финансовых вложений по сравнению с дождеванием или капельным орошением.

Площади орошаемых земель Индии и Китая занимают 43,6 %, США – 8,8 % от общего объема. В России орошаемые земли составляют 4,6 млн. га (1,82 %), а в бывшем СССР - 19,99 млн. га (7,9 %). Орошаемые земли в России занимают 7,5 % от общей площади пашни, на них производится 60-65 % овощей, более 15 % грубых и сочных кормов, 100 % риса, значительное количество другой продукции растениеводства [10, 11].

Поверхностный полив орошаемых земель получил наибольшее распространение в Азиатском регионе, Африканском континенте, Узбекистане, Китае, Казахстане. В США поверхностный полив занимает более половины орошаемых земель, в Европе его применяют на 14% площадей, а в России всего на 10% (таблица 1). В Узбекистане полив по бороздам занимает 75 %, по полосам 22 % и на чеках 3 % [12].

Таблица 1 – Сравнение способов полива

Страна, регион, континент	Поверхностный полив, %	Дождевание, капельное орошение, %
Узбекистан	100	-
Азия	96	2
Китай	89	11
Африка	70	30
Казахстан	70	30
США	55	45
Европа	14	82
Россия	10	90

Необходимым условием для организации поверхностного полива является планировка поля, которая предназначена для устранения на нем имеющихся значительных повышений и понижений (± 30 см) и создания ровной горизонтальной или наклонной поверхности в зависимости от выбранного способа орошения. Отклонения высотных отметок спланированной поверхности относительно проектной не должны превышать ± 5 см, что обеспечивает повышение урожайности сельскохозяйственных культур и экономию поливной воды. Точность планировки рисовых чеков назначают в пределах не более ± 3 см. По данным [2] повышение точности планировки с ± 5 до ± 3 см, т.е. всего на ± 2 см, дает прибавку урожайности риса на 19,9 ц/га (47%) и экономию поливной воды 1621 м³/т (36%). Подобные требования к соблюдению точности планировки действуют и в ряде других стран.

Как известно, на повышениях поля растения засыхают от недостатка влаги, а на понижениях они гибнут от вымочки из-за застоя воды и неблагоприятных для растений и почв анаэробных условий. Все это в конечном итоге приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур. Площадь участков с буграми и низинами на не спланированном поле, может достигать до 40 % от общей площади. Такие поля покрыты пятнами, проявляющиеся в неравномерности роста и созревания растений [1].

Качественно спланированное поле обладает следующими преимуществами [1, 2, 4, 9]:

- своевременное проведение вспашки, сева семян и внесение удобрений, более быстрое и равномерное подсыхание почвы,
- равномерное распределение слоя воды и одинаковые условия для увлажнения почвы по площади и глубине,
- одинаковая глубина заделки семян и внесения удобрений,
- оптимальный воздушный, питательный и водный режим почвы, обеспечивающий равномерную всхожесть, рост, благоприятное развитие растений и созревание урожая в более короткий срок,
- снижение трудозатрат при обработке и поливе почвы, уборке урожая и автоматизации полива,
- экономия поливной воды, сокращение времени на полив,
- предотвращение переувлажнения, засоления и ирригационной эрозии почвы,

- сокращение применения ядохимикатов и получение продукции высокого качества.

Многочисленные отечественные и зарубежные исследования и наблюдения за урожайностью выращиваемых растений показывают высокую эффективность планировки на орошаемых землях. Наиболее ярко это проявляется при выращивании риса и сопутствующих севообороту других растений. Многолетними экспериментальными данными Попова В.А.[3] установлено, что лазерная планировка рисовых чеков под горизонтальную плоскость с точностью $\pm 2-3$ см является базой в создании эффективных агротехнологий. Основные преимущества точной планировки:

-снижение норм сева семян на 20-30 % за счет повышения полевой всхожести при отсутствии глубоких микропонижений, в которых проростки риса погибают,

-сокращение продолжительности вегетационного периода на 8-12 дней при густоте растений 250-300 шт./м²,

-снижение на 60-70% применения дорогостоящих химических средств защиты риса от сорняков, вредителей и болезней, а также минеральных удобрений на 20-30%,

-уменьшение расхода оросительной воды на 10-15% за счет сокращения вегетационного периода и снижения потерь на фильтрацию в период первоначального затопления и технических сбросов в предуборочный период,

-значительное (до 30%) сокращение потерь зерна при уборке риса за счет повышения производительности уборочной техники и качества работ при отсутствии пестроты стеблестоя.

В таблице 2 приведена примерная экономическая эффективность планировки рисовых чеков, подсчитанная по выше приведенным данным Попова В.А. с учетом действующих в настоящее время норм и цен на рис-сырец, посадочный материал, поливную воду, гербициды и минеральные (азотные, фосфорные и калийные) удобрения. Из таблицы видно, что наибольший эффект получен за счет повышения урожайности риса (47 %) и уменьшения потерь зерна при уборке (24 %). На долю остальных показателей приходится 29 %.

Таблица 2 - Экономическая эффективность планировки рисовых чеков.

№ п/п	Эффективность планировки		Примерная норма материалов, кг/га	Цена, руб/кг	Экономический эффект, руб/га
	Показатели	%			
1	Повышение урожайности риса-сырца	10	6000 (ср. урожайность)	10	6000
2	Экономия поливной воды	10	30233 (м ³ /га)	0,2	605
3	Снижение расхода семян	20	210	18	756
4	Сокращение применения гербицидов	60	1	1624	975
5	Экономия минеральных удобрений: - азотные - фосфорные - калийные	20	200	11,5 14,4 9,0	460 576 360
6	Уменьшение потерь зерна при уборке	5	6000 (ср. урожайность)	10	3000
				Всего	12732

Другие сельскохозяйственные культуры также чувствительны к планировке. Так, урожайность зерновых и других культур на выровненном под уклон поле при поливе по бороздам возрастает в 1,3-2,3 раза, а поливная норма сокращается в 1,6-2,2 раза [8]. При возделывании на спланированных грядах овощных и зернобобовых культур продуктивность земель возрастает на 15-25 %. При поливе по спланированным длинным полосам и бороздам (400-500 м) производительность повышается в 4-8 раз [4]. Качественная планировка позволяет реализовать новые механизированные и водосберегающие технологии поверхностного полива по бороздам [8].

Перед закладкой виноградника проводят планировку поверхности земли под уклон. Полив ведут по проточным и затопляемым бороздам и напуском по полосам в зависимости от времени полива и почвенных условий, что улучшает рост виноградной лозы и в несколько раз увеличивает ее урожай.

После планировки урожайность хлопчатника в 1,3 – 2,9 раза выше, а поливная норма в 1,6 – 2,2 раза меньше по сравнению с не спланированными участками. Урожайность хлопчатника, выращиваемого на наклонной плоскости, в 1,5 раза выше, чем на топографической поверхности.

На спланированных полях можно проводить равномерную промывку земель при расходах воды в два раза меньше, чем на участках без планировки. Чрезмерные нормы промывки приводят к резкому подъему грунтовых вод и засолению земель. Планировка позволяет также устранить неравномерность увлажнения солонцеватых почв [4].

При поливе дождеванием планировка обеспечивает равномерность увлажнения почвы и предотвращает смыв ее верхнего горизонта и образование вымочек на поле. Без планировки в пониженных водонасыщенных местах многократные перемещения дождевальных машин приводят к образованию глубокой колеи с интенсивным стоком по ней воды. В то же время выравнивание поверхности почвы создает условия по сокращению количества поливов дождеванием, снижению энергетических затрат за счет уменьшения количества проходов дождевальной техники [9].

Особую роль играет планировка при переводе дождевальных систем на поверхностный способ полива. Это вызвано износом и старением элементов построенной оросительной сети и имеющейся дождевальной техники, значительными затратами на при-

обретение новых машин, удорожанием электроэнергии, топлива, материалов и запчастей [5]. Планировку проектируют и выполняют под плоскость или наклонные плоскости. Перевод оросительных систем с дождевания на поверхностный полив позволяет снизить затраты на полив в 2,2-2,5 раза и повысить его надежность [6].

При реконструкции существующих оросительных систем применяют поверхностный полив по спланированным широким длинным полосам с устройством ложбин, нарезанных поперек полос без уклона и сброса воды за пределы орошаемого участка. Это обеспечивает равномерное увлажнение почвы и повышение производительности труда поливальщиков. По сравнению с дождеванием такой способ полива позволяет сэкономить энергоресурсы, снизить затраты капитальных вложений на мелиоративное строительство в 1,5-2,3 раза и эксплуатационные затраты в 2,4-2,7 раза [7].

Таким образом, значимость планировки трудно переоценить. Учитывая, что большие площади орошаемых земель нуждаются в проведении поверхностного полива, потенциал применения планировки в России и мире очень велик (таблица 1). Планировка должна стать обязательным и регулярным мероприятием при орошении земель. При правильной организации планировочных работ затраты на их проведение всегда окупаются за счет получения высоких и стабильных урожаев и значительной экономии поливной воды.

Несмотря на перечисленные преимущества, проведению планировочных работ не уделяют должного внимания, что является одной из причин *не рационального использования сельскохозяйственных земель*. Это в первую очередь относится к орошению по бороздам и полосам. В последние годы из-за отсутствия планировки значительно снизилась урожайность выращиваемых культур, наблюдается перерасход поливной воды на орошаемых землях. В процессе эксплуатации сельскохозяйственных земель происходит деформация поверхности поля с образованием значительных неровностей, происходящая вследствие гидрогеологических особенностей территории, климатических условий, типа почв и способа орошения, водного режима полива, образования просадок и вспучивания грунта, воздействия почвообрабатывающих, уборочных и дождевальных машин и др. Такие земли остро нуждаются в планировке.

На рисовых чеках в Краснодарском крае планировка проводится различными землеройно-планировочными машинами с лазерным управлением. В 2015 г. спланировано с точностью ± 3 см около 16000 га. Конечно, этого мало, если учесть, что площади посевов риса составляют ежегодно около 135000 га. Периодичность проведения капитальной планировки составляет 5-8 лет. За этот период потери урожая риса составляют 20-30% за счет деформации спланированной поверхности с образованием неровностей под воздействием вышеперечисленных факторов. Поэтому одной из главных задач повышения урожайности риса является дальнейшее расширение объемов проведения лазерной планировки и постоянное поддержание качественного состояния спланированных чеков путем проведения на них ежегодной и ремонтной (через 1-3 года) планировки с применением лазерной техники.

Лазерная планировка на землях с поверхностным поливом по бороздам и полосам у нас в стране практически не проводится, в то время как за рубежом она широко распространена (США). В настоящее время не менее 30% орошаемых земель нуждаются в капитальной планировке. Ее отсутствие приводит к несоблюдению требований к точности поддержания ровности поверхности земли (± 5 см), нарушению равномерности подачи воды к растениям и снижению их урожайности. Происходит постоянный недобор урожая сельскохозяйственных культур. Поэтому лазерная планировка должна занять приоритетное направление во всех проектах реконструкции и переустройства орошаемых земель и строительства новых мелиоративных объектов.

2. Состав планировочных работ

Лазерная планировка орошаемых земель состоит из следующих видов работ:

- вертикальная съемка,
- проектирование планировки,
- планировка,
- контроль точности работ.

3. Лазерное оборудование для вертикальной съемки

3.1. Лазерные нивелиры и установочное оборудование



Рисунок 1 - Лазерные передатчики: сверху- Rugby-810, снизу- Rugby -670/680 с ЖКИ индикатором задания уклонов.

Лазерные нивелиры Leica Rugby производства Швейцарии (рисунок 1) применяют на различных геодезических работах. В состав лазерного нивелира входят лазерный передатчик, приемник,

кронштейн его крепления на геодезической рейке и зарядный блок аккумуляторов.

Передачики предназначены для формирования лазерной опорной плоскости путем кругового вращения лазерного луча. Передатчик Rugby-810 задает горизонтальное, Rugby-670/680 - наклонное положение лазерной опорной плоскости по двум взаимно-перпендикулярным направлениям. Приборы имеют автономное питание от встроенных в него аккумуляторов для генерации лазерного луча, его вращения и обеспечения автоматической установки и постоянного поддержания горизонтального или наклонного положения лазерной плоскости с помощью встроенных угловых датчиков и микроэлектродвигателей. Сверху передатчиков находятся четыре окна для выхода вращающего лазерного луча, сбоку расположены ручка и панель с кнопками и светодиодами для настройки прибора и контроля его работы, а снизу имеется узел крепления к штативу.

Приемник (рисунок 2), установленный на геодезической рейке, служит для лазерной нивелировки поверхности земли относительно лазерной опорной плоскости. На панели корпуса приемника расположены фотодиоды для регистрации лазерного луча, жидкокристаллический индикатор (ЖКИ) для установки центра приемника на лазерную плоскость, индикаторы разряда аккумуляторов, уровня звукового сигнала, сенсорные кнопки включения звуковой сигнализации и установки величин зон точности нивелировки и уровня звука.



Рисунок 2 – Приемник с кронштейном крепления на рейке.

Таблица 3 – Технические характеристики лазерных нивелиров.

Наименование показателей	Rugby 810	Rugby 670
Длина волны излучения, нм	635 ± 10	
Частота вращения луча, Гц	10	
Диапазон уклонов по осям X и Y, %	0	8
Диапазон работы компенсатора, градус	±6	±5
Точность установки луча на длине 100 м, мм	±10	
Точность регистрации луча приемником, мм	± 0,5 – 5,0	
Радиус действия приемника, м:	400	
Время работы без подзарядки, час:		
- передатчика	60	
- приемника	400	
Температурный диапазон работы, °С	-20 - +50	
Масса передатчика, кг	3,0	
Габариты передатчика:	240x196	239x192
длина x ширина x высота, мм:	x237	x212

Для установки лазерного передатчика используют стандартный штатив типа ADA Strong (США) высотой 1,02-1,8м, нижние опоры которого помещают в отверстия на металлическом посту высотой 2, 2,5, 2,8 м для различных тракторов (Т-150, К-701, К-744 и др.). Применяют также высокий телескопический штатив высотой 3-3,5 м [13]. Геодезическая телескопическая рейка типа ADA Staff 4 (США) состоит из 4-ех подвижных алюминиевых секций с кнопочной фиксацией их крайних положений. Диапазон линейных измерений составляет 1-4 м с точностью 0,5 см. При закреплении кронштейна с приемником сверху рейки производят дистанционный контроль лазерного излучения и высотные измерения отметок поверхности земли (лазерная нивелировка).

3.2 Автонивелир АН-3

Автонивелир АН-3 (разработчик Инженерный центр «Луч», далее ИЦ «Луч») предназначен для проведения вертикальной

съемки поверхности земли (чека, участка). Он состоит из приемника 4, закрепляемого на мачте 8, пульта управления 7, датчика пути 6 и соединительных кабелей 5 (рисунок 3). Автонивелир монтируется на транспортном средстве (самоходное шасси, трактор) 9 и осуществляет автоматическую съемку высотных отметок поверхности земли относительно лазерной опорной плоскости 3, которая формируется лазерным передатчиком 2 (раздел 3.1), устанавливаемым на штативе 1.

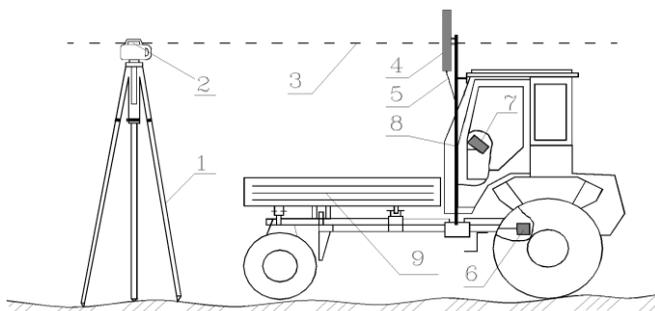


Рисунок 3 - Схема установки автонивелира на самоходном шасси.

Принцип работы автонивелира основан на определении относительно лазерной опорной плоскости вертикальных координат приемника, равных высотным отметкам съемки. В процессе движения высотные отметки и сигналы от датчика пути автоматически записываются и передаются в пульт управления.

Приемник выполнен в виде вертикального четырехгранного корпуса с прорезями, закрытыми прозрачными стеклами и красными фильтрами, за которыми встроены 64 секции фотодиодов (рисунок 4). При попадании лазерного луча на фотодиоды вырабатываются электрические сигналы, которые усиливаются, преобразуются в цифровые сигналы и хранятся в памяти пульта управления. Приемник закрепляют при помощи его держателя на штанге вертикальной мачты транспортного средства.

На лицевой панели пульта управления расположены выключатель, жидкокристаллический индикатор (дисплей) и кнопки выбора режимов работы: «ЧТЕНИЕ», «СЪЕМКА», «ПЛАНИРОВКА» и «КАЛИБРОВКА». В режиме «ЧТЕНИЕ» оперативно выводят на дисплей записанные данные съемки или пульт подключают к компьютеру с программным обеспечением для составления проекта

планировки. В режиме «СЪЕМКА» проводят съемку, а режим «ПЛАНИРОВКА» обеспечивает при планировке управление по высоте рабочим органом землеройно-планировочной машины.



Рисунок 4 - Автонивелир АН-3: слева - приемник с держателем, справа сверху - пульт управления, справа внизу - датчик пути, прижимаемый металлической пластиной к колесу трактора.

Режим «КАЛИБРОВКА» служит для первоначальной настройки датчика пути, состоящего из упругой металлической пластины, колесика с магнитом и датчика Холла. При вращении колесика, прижимаемого пластиной к колесу транспортного средства, датчик Холла выдает электрические импульсы пропорционально числу оборотов колесика с магнитом и пройденному расстоянию.

К числу основных достоинств автонивелира относятся:

- автоматизация процесса съемки при высокой скорости,
- повышенная точность съемки за счет большого объема информации о микрорельефе (высотная отметка на каждом пикете

рассчитывается как среднеарифметическая из отметок, снятых через 8 см на длине 3 м),

- надежность автоматического управления при планировке.

Таблица 4 - Технические характеристики автонивелира АН-3.

Наименование характеристик	Единица измерений	Показатели
Угол обзора	градус	360
Погрешность определения высотных отметок	мм	± 2,5
Диапазон измерения высотных отметок	мм	630
Радиус действия	м	400
Рабочая скорость движения	км/ч	до 20
Шаг регистрации высотных отметок	м	20
Напряжение питания бортовой сети	В	10,8-15
Потребляемая мощность (без электромагнитов)	Вт	5
Память пульта управления	га	1000
Габаритные размеры: -приемника -пульта управления -диаметр колесика датчика пути	мм	700x60x60 180x125x90 100
Масса: - приемника - пульта управления - датчика пути	кг	1,5 0,6 0,8
Зона управления режима «Планировка»	мм	20-30
Температурный режим работы	°С	0...+50
Обслуживающий персонал	чел	1

3.3. Курсовой навигатор КН-1

Навигатор служит для управления курсом движения транспортного средства. В процессе работы навигатор взаимодействует со спутниковыми системами GPS и ГЛОНАСС и определяет в любой момент времени и с достаточной точностью мобильные плано-

вые координаты о своем местонахождении. Навигатор может дополнительно оснащаться устройством автоматического управления движением транспортного средства.

Курсовой навигатор КН-1 (разработчик ИЦ «Луч») состоит из антенны, пульта управления и соединительных кабелей (рисунок 5). Антенну закрепляют на металлической крыше транспортного средства, а пульт управления устанавливают в его кабине [16].

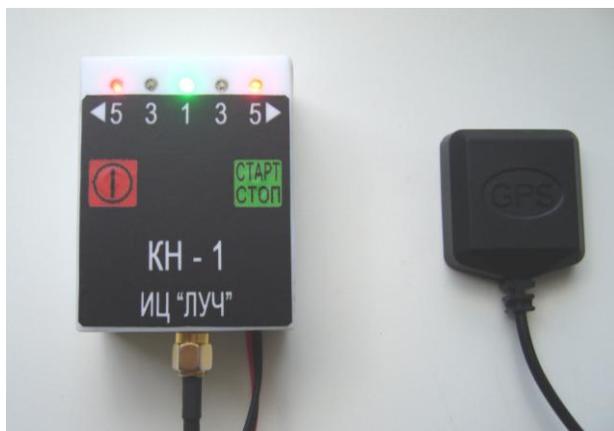


Рисунок 5 – Курсовой навигатор КН-1: слева – пульт управления и индикации, справа – антенна.

Пульт управления имеет навигационный модуль и управляющий контроллер. Сигнал, поступающий с антенны, обрабатывается навигационным модулем, который рассчитывает географические координаты и передает их управляющему контроллеру. Во время начального прохода контроллер запоминает координаты начальной и конечной точек прохода, а при проведении съемки вычисляет расстояние от антенны (транспортного средства) до линии начального прохода и на основе этих расчетов с помощью индикаторов выдает при движении корректирующие команды курса влево ◀5-3 или вправо 3-5 ▶ до появления команды 1- норма.

Навигатор совместно с автонивелиром позволяет повысить производительность съемки на 30 % за счет исключения подгото-

вительных работ по установке на местности вешек курса движения транспортного средства.

Таблица 5 -Технические характеристики курсового навигатора АН-1.

Наименование характеристик	Значение
Максимальный размер участка, м	2000 x 2000
Расстояние между параллельными проходами, м	20
Ширина зоны нечувствительности, м	± 1
Напряжение питания, В,	от 10,5 до 15
Потребляемый ток, мА,	не более 100
Габариты, мм: - антенны - пульта управления	35x25x10 70x50 x30
Масса, кг: - антенны - пульта управления	0,1 0,2
Температура окружающей среды, °С	от -10 до + 50

4. Вертикальная съемка

В качестве транспортного средства для автонивелира АН-3 рекомендуется использовать самоходное шасси типа ВТЗ-30 СШ, имеющее высокую проходимость на поле и наименьший расход топлива, что удешевляет съемку. Лазерный передатчик устанавливают таким образом, чтобы максимально удаленные точки съемки находились в радиусе действия приемника (до 400 м). Лазерная плоскость должна быть примерно на высоте центра приемника автонивелира, установленного на транспортном средстве, а низ приемника выше кабины транспортного средства на 20-30 см во избежание перекрытия луча. Наибольшая точность съемки достигается при установке передатчика в центре участка.

Маршрут съемки выбирают исходя из времени, прошедшего после последней планировки чека. Если прошло 5-8 лет после ка-

питальной планировки, то выбирают типовой маршрут, когда транспортное средство с автонивелиром движется по чеку петель через 20 м (рисунок 6а). При ежегодной и ремонтной планировке проводят экспресс съемку по укороченному маршруту (рисунки 6б и 6в).

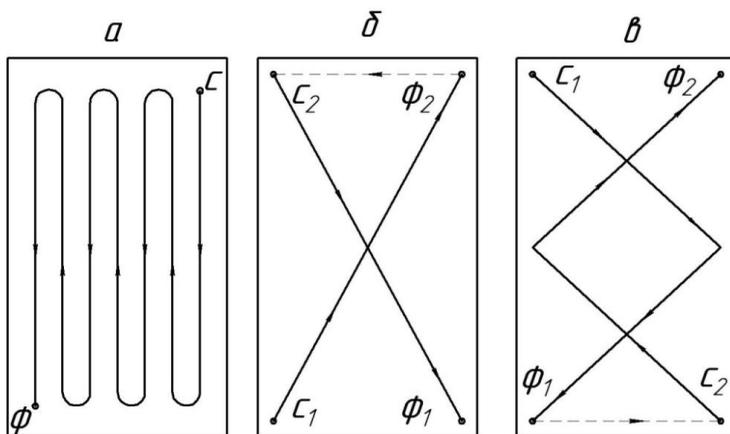


Рисунок 6 - Схемы вертикальной съемки: *a* – типовая петлевая съемка; экспресс съемка: *б* - диагонально перекрестный маршрут, *в* - дважды перекрестный маршрут, С - старт, Ф - финиш.

Вертикальную съемку проводят в режиме работы автонивелира АН-3 «СЪЕМКА». Транспортное средство с автонивелиром начинает движение из угловой точки чека. В конце первого прохода транспортное средство разворачивают на угол 180° справа налево (рисунок 6а). Далее движение осуществляется челночным способом с шагом 20 м. Прямолинейность и параллельность движения транспортного средства с автонивелиром поддерживают курсовым навигатором КН-1. Кнопками «СТАРТ» и «СТОП» пульта управления обозначают начало и конец каждого прохода, а кнопкой «СОХРАНИТЬ» завершение съемки всего участка. При съемке по маршруту, изображенному на рисунке 6в, предварительно расставляют две вешки посередине длинных сторон участка. Длину сторон определяют по показаниям датчика пути автонивелира.

Для съемки автонивелиром АН-3 участка орошения с достаточно равномерной наклонной поверхностью лазерному передат-

чику необходимо установить два уклона. Их берут из ранее составленного проекта планировки, а при отсутствии таких данных сначала из центра участка параллельно его сторонам выносят продольный и поперечный створы, по которым затем измеряют с шагом 20-40м высотные отметки поверхности земли относительно горизонта при помощи лазерного передатчика и телескопической рейки с приемником (рисунок 2). По полученным отметкам вычисляют средний продольный и поперечный уклоны створов (угловые коэффициенты аппроксимирующей прямой) и вводят их значения в дисплей лазерного передатчика Rugby-670/680. Дальнейшая съемка наклонного участка с применением автонивелира не отличается от горизонтальной съемки чека.

Поле с сильно выраженными переменными уклонами с помощью данных топографической карты разбивают под систему наклонных плоскостей на прямоугольные участки с примерно равными уклонами. Размеры участков не должны превышать максимальную дальность съемки автонивелиром АН-3, равную 400 м, при установке лазерного передатчика посередине участка. Конфигурацию участков выносят в натуру, стороны и их углы на поле обозначают вешками. Для составления проектов планировки на каждом участке определяют два уклона и проводят съемку автонивелиром АН-3 как указано выше. При больших перепадах высот на противоположных сторонах участка (более 0,6м) выполняют лазерную нивелировку (раздел 3.1) относительно горизонта по квадратам через 20 м.

5. Проектирование планировки

Для составления проекта планировки чека или участка (рисунки 7, 8) в ИЦ «Луч» разработано программное обеспечение ПО ЧЕК. Оно включает в себя программу считывания информации из пульта управления автонивелира АН-3 в персональный компьютер с формированием исходных данных и основную программу составления проекта планировки. Функционально программное обеспечение ПО-ЧЕК позволяет решать следующие задачи:

- вводить реквизиты чека или участка орошения,

- отображать на экране дисплея компьютера картограмму чека, участка в графическом виде с указанием высотных отклонений центров квадратов от проектной плоскости,
- определять проценты высотных отклонений в диапазонах $\pm 0-3$, $\pm 3-5$, $\pm 5-10$ и больше ± 10 см,
- разбивать чек, участок на контуры срезки, насыпи и зоны нулевых работ с их выделением соответственно красным, синим и серым цветом с интенсивностью пропорциональной отклонению,
- вычислять проектную отметку чека, участка, объемы планировочных работ при соблюдении баланса земляных работ,
- устанавливать оптимальные схемы перемещения грунта,
- рассчитывать урожайность выращиваемой культуры (рис) и затраты воды на чеке или на поливном участке.

КАРТОГРАММА МИКРОРЕЛЬЕФА ЧЕКА 5

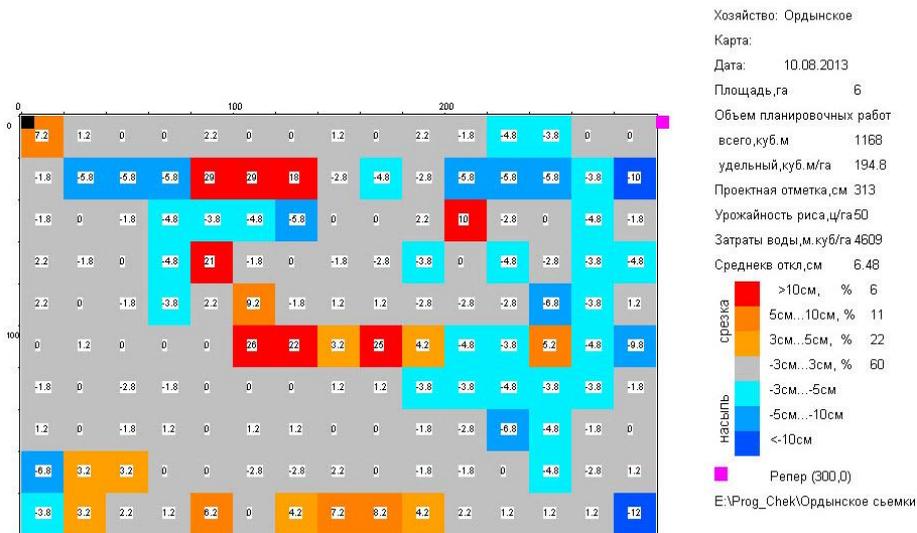


Рисунок 7 – Картограмма микрорельефа рисового чека.

Проект планировки составляют на компьютере с установленным программным обеспечением при подключении к нему пульта управления автонивелира АН-3 с данными съемки. Типовая схема съемки (рисунок 6а) рассчитана для программного обеспечения ПО ЧЕК, а для двух перекрестных маршрутов (рисунок 6б и

6е) ИЦ «Луч» разработана программа - конвертер ПО ЧЕК+, которая решает те же задачи, что и ПО ЧЕК.

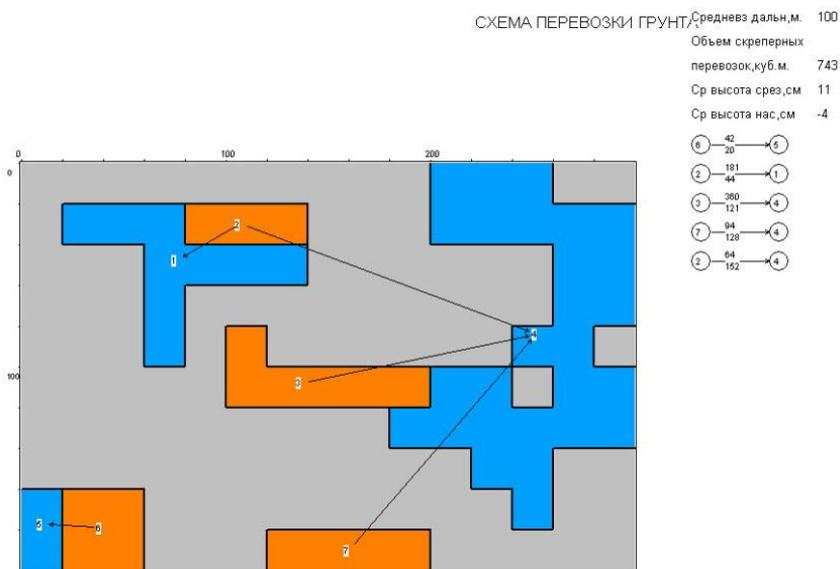


Рисунок 8 – Схема перемещения грунта.

Проект планировки участка орошения под наклонную плоскость по данным съемки автонивелиром составляют по аналогии с проектом планировки чека. Вертикальные отметки на картограмме в этом случае показываются относительно наклонной плоскости.

При разбивке поля на участки под систему наклонных плоскостей проекты планировки составляют по данным съемки автонивелиром каждого участка или его лазерной нивелировки, руководствуясь основными требованиями к проектированию орошаемых земель и методикой расчета планировочных работ на поле [13].

6. Применяемые землеройно-планировочные машины

6.1. Типы используемых машин

Планировочные работы выполняют различными типами

отечественных мелиоративных и других машин. К их числу относятся: скреперы ДЗ-87 и ДЗ-77, длиннобазовые П-2,8, П-4, П-5, ППА-3,1 ДЗ-719, ДЗ-602, и короткобазовые ПАУ-4,2Р, ПАУ-4,2РЦ, ПАУ-3,6Р планировщики, клин-планировщики КП-719, КПУ-4,5, ПК-1 и скрепер-планировщик СП-4,2 [18]. В настоящее время упомянутые скреперы и длиннобазовые планировщики сняты с производства и в хозяйствах используют еще сохранившиеся машины. Для выполнения точной планировки машины оснащают лазерной системой автоматического управления высотным положением рабочего органа. Используют также зарубежные короткобазовые планировщики типа Mara (Италия) с лазерным управлением и скрепер-планировщик LCE 16 (США) с навигационной аппаратурой.

6.2. Скреперы

Скреперы (ДЗ-77, ДЗ-87) предназначены для срезки грунта с повышений, его транспортировки и отсыпки грунта в понижения. Скреперы необходимы при больших объемах земляных работ, значительной толщине срезки в плотных грунтах (таблица 8).



Рисунок 9 – Прицепной скрепер ДЗ-77 с лазерным управлением.

Скрепер ДЗ-77 (рисунок 9) конструктивно выполнен прицепным к трактору Т-170 (К-701) и состоит из тяговой рамы, ков-

ша, заслонки, задней стенки и опорных колес. Спереди рама приварена к дышлу, опирающемуся на сферическое соединение тележки, что позволяет поворачиваться скреперу относительно оси передних колес. Ковш состоит из вертикальных стенок и днища, на котором спереди установлена плита с подрезными ножами. Сзади ковша закреплен буфер, служащий для толкания скрепера другим тягачом при больших срезках. Проушины ковша соединены с двумя боковыми гидроцилиндрами его подъема и опускания. Задняя стенка служит для принудительной выгрузки грунта из ковша при помощи гидроцилиндра. Заслонка закрывает ковш при его транспортировании и предотвращает высыпание грунта. Приемник лазерной системы закрепляют на телескопической стойке над режущей кромкой ковша при помощи приспособления.

Полуприцепной скрепер ДЗ-87 состоит из седельно-сцепного устройства, тяговой рамы, ковша, заслонки и опорных колес. Седельно-сцепное устройство служит для подсоединения скрепера с трактором Т-150К и обеспечивает поворот их относительно друг друга. Функции рабочих элементов скрепера ДЗ-87 идентичны скреперу ДЗ-77.

6.3. Короткобазовые планировщики

Короткобазовые планировщики с бездонным ковшом ПАУ-4,2Р, ПАУ-2РЦ, ПАУ-3,6Р (разработчик ИЦ «Луч») осуществляют планировку путем срезки грунта с повышений и отсыпки грунта, образующегося в призме волочения, в понижения.

Рабочий орган планировщика ПАУ-4,2Р (рисунок 10) выполнен в виде бездонного ковша и рыхлителя. На рыхлителе и отвале ковша установлены сменные ножи. Тяговая рама состоит из продольной и поперечной балок коробчатого сечения. Заглубление ковша осуществляется в процессе движения под собственным весом машины при подъеме колес гидроцилиндром, а выглубление ковша за счет опускания колес.

В передней части рамы расположено сцепное устройство с трактором. Спереди и снизу рамы расположена опора, предназначенная для отсоединения планировщика от трактора. Сверху рамы смонтирована телескопическая мачта со вставной штангой, положение которой относительно мачты фиксируется при помощи Г-

образного зажима. Мачта крепится вертикально на раме над режущей кромкой ковша с помощью поворотной лестницы.



Рисунок 10 – Короткобазовый планировщик ПАУ-4,2 с лазерным управлением.

На короткобазовых планировщиках ПАУ-4,2Р и ПАУ-3,6Р глубина копания регулируется одним гидроцилиндром, шток которого шарнирно крепится к кронштейну посередине балки заднего моста. При модернизации этой конструкции усилены балка и ее узел крепления штока гидроцилиндра. Разработана также новая конструкция планировщика ПАУ-4,2РЦ с двумя гидроцилиндрами, которые шарнирно устанавливают на консолях заднего моста и боковых стойках, что позволяет равномерно распределить усилия на балке моста [13].

6.4 Клин-планировщики

Клин-планировщики КП-719, КПУ-4,5, ПК-1 (разработчик ИЦ «Луч») предназначены для срезки грунта на повышениях с одновременным образованием по краям клиновидного отвала земляных валиков. При планировке эти насыпные валики собирают и развозят в понижения скреперами.

Прицепной клин-планировщик КП-719 (рисунок 11) создан на базе прицепного длиннобазового планировщика, в котором вместо

рабочего органа - бездонного ковша закреплен клиновидный отвал. Рама моста на задних колесах шарнирно соединена с гидроцилиндрами и продольной тяговой рамой, которая спереди опирается через гидроцилиндр и тяги на передние колеса. Высотное положение рабочего органа регулируется гидроцилиндром, а гидроцилиндрами моста планировщик устанавливает в транспортное положение. Лазерный приемник установлен на телескопической штанге.



Рисунок 11 - Прицепной клин-планировщик КП-719 с лазерным управлением.

6.5 Скрепер-планировщик

Короткобазовый скрепер-планировщик СП - 4,2 (разработчик ИЦ «Луч») состоит из тяговой рамы 2, скреперного ковша 3 с удлиненными боковыми стенками, подвижного отвала 6 с толкателем, перемещаемых на роликах при помощи гидроцилиндров 7, и заднего моста на опорных колесах 4 (рисунки 12, 13). Гидроцилиндры 5 моста регулируют глубину копания и транспортное положение ковша [14, 16]. По бокам отвала закреплены параллельные направляющие с роликами для центрации отвала при его перемещении. Концы направляющих соединены между собой поперечным выталкивателем грунта в виде трубы, которая жестко крепится к

отвалу. Выталкиватель облегчает и ускоряет разгрузку грунта из ковша. Для предотвращения пересыпания грунта через верх отвала на ковше шарнирно закреплена поворотная подпружиненная заслонка. Боковые стенки ковша выполнены сборно-разборными, что дает возможность компактно транспортировать машину в различных грузовых автомобилях. Мачта 10 с приемником 9 лазерной системы установлена над режущей кромкой скреперного ковша.

В отличие от скреперов скрепер-планировщик СП-4,2 не имеет передней заслонки. Ширина захвата скрепера-планировщика увеличена в 1,6-1,8 раза, а режущая кромка выполнена без уступов сплошной на всю ширину захвата.

Основные части конструкции скрепера-планировщика СП-4,2 (рама, распорки, сцепное устройство с трактором, опора, мачта со штангой, лестница, задний мост) унифицированы с конструкциями планировщиков ПАУ-2Р, ПАУ-4,2РЦ и ПАУ-3,6Р.



Рисунок 12 – Короткобазовый скрепер-планировщик СП-4,2 с лазерным управлением.

Скрепер-планировщик СП-4,2 позволяет заменить при планировке земель две разных машины (скрепер и планировщик). Объем перемещаемого скрепером-планировщиком грунта в ковше

Таблица 6 – Технические характеристики землеройно-планировочных машин

Основные технические характеристики	Скрепер ДЗ-77	Планировщик ПАУ-4,2	Клин-планировщик КП-719	Скрепер-планировщик СП-4,2
Тип трактора	Отечественные (К-744) и зарубежные тракторы			
Мощность двигателя, л.с.	300 - 350			
Ширина захвата, м	2,7	4,2	5	4,2
Вместимость ковша, м ³	8,8	3,5	-	до 7
Скорости, км/ч:				
- рабочие	4-7	4-7	4-7	4-7
- транспортные	до 10,5	до 35	до 25	до 35
Дорожный просвет, м	0,4	0,36	0,45	0,69
Габаритные размеры, м:				
длина x ширина x высота	10,0x3,2 x3,7	6, 5x4,4 x2,4	14,7x5,0 x3,2	7,4x4,4 x2,7
Радиус поворота, м	10	8	15	8
Масса, кг	10150	3200	6500	6100
Обслуживающий персонал, чел	1			
Точность планировки с лазерным управлением, см	± 3-5	± 2-3	± 3-5	± 2-3

и призме волочения в два раза больше (таблица 6) по сравнению с перечисленными планировщиками, что соответственно снижает количество проходов скрепера-планировщика, повышает его производительность и сокращает расход горюче-смазочных материалов [14].

6.6. Рекомендации по выбору типа землеройно-планировочных машин

В таблице 7 дано сравнение показателей работы землеройно-планировочных машин, полученных на основании многолетнего опыта их эксплуатации на рисовых чеках в различных хозяйствах Краснодарского края [17].

Таблица 7 – Анализ работы землеройно-планировочных машин.

Скрепер	Преимущества
	<ul style="list-style-type: none"> - Наибольший объем перевозки грунта в ковше, что повышает производительность машины, - Снижение тяговых сопротивлений при транспортировке грунта в поднятом ковше, что обеспечивает экономию ГСМ, - Наибольшая толщина срезки грунта ковшом под собственным весом и наибольший объем его перевозки, что сокращает число проходов машины.
	Недостатки
	<ul style="list-style-type: none"> - Недостаточное заполнение ковша грунтом при мелких срезках, что приводит к снижению производительности машины, - Невозможность проведения доводочной планировки из-за отсутствия призмы волочения грунта, - Большая металлоемкость и высокая стоимость, повышенные энергозатраты на передвижение машины, - Плохой обзор процесса наполнения и разгрузки ковша, что ухудшает условия работы, - Скреперы сняты с серийного производства (в России).

Коротко- базовый плани- ровщик	Преимущества
	<ul style="list-style-type: none"> - Высокая эффективность доводочной планировки за счет образования призмы волочения грунта в ковше, - Наличие рыхлителя на планировщиках типа ПАУ позволяет работать в плотных грунтах по сравнению с другими планировщиками (типа Мара Италия), - Наименьшая металлоемкость и стоимость машины.
	Недостатки
Клин- плани- ровщик	Преимущества
	<ul style="list-style-type: none"> - Наименьшая энергоемкость процесса резания грунта за счет непрерывного схода грунта с отвалов клиновидного рабочего органа, - Наибольшая производительность машины.
	Недостатки
Коротко- базовый скрепер- плани- ровщик	Преимущества
	<ul style="list-style-type: none"> - По сравнению с планировщиком больший объем перевозки грунта в режиме скрепера за счет наполнения грунтом ковша и образования перед ним призмы волочения, что повышает производительность машины и экономит ГСМ, - Увеличенная толщина срезки грунта ковшом под собственным весом по сравнению с планировщиком, что сокращает число проходов машины, - Высокая эффективность доводочной планировки в режиме работы планировщика.
	Недостатки
	<ul style="list-style-type: none"> - Увеличенная металлоемкость и стоимость, повышенные энергозатраты на передвижение машины по сравнению с планировщиком.

Кроме того, ко всем короткобазовым машинам относятся также другие преимущества: наличие серийного выпуска, меньший вес и стоимость, высокая маневренность, проходимость и хороший обзор процесса наполнения и разгрузки ковша. Рекомендации по выбору наиболее эффективного типа землеройно-планировочной машины с лазерным управлением в зависимости от условий работ представлены в таблице 8.

Таблица 8 - Показатели применения различных типов землеройно-планировочных машин с лазерным управлением.

Средне-квадратические отклонения σ , см	Толщина срезки, см		Объем земляных работ, $m^3/га$, w	Категория грунта, K	Влажность грунта, % B	Тип машины с лазерным управлением
	на чеке, H	машиной				
> 5	>12	25	>200	1 - 2	≤ 25	Скрепер
≤ 5	≤ 12	15	≤ 200	1	≤ 30	Клин-планировщик
≤ 5	≤ 12	15	≤ 200	1	≤ 25	Скрепер-планировщик
≤ 3	≤ 7	7	≤ 100	1	≤ 20	Планировщик

Выбор требуемой машины рекомендуется определять с учетом данных съемки чеков (σ , H , w), которые находятся в картограммах (рисунки 7 и 8), категории (K) и влажности грунта (B).

Как следует из таблицы 8, скрепер необходимо использовать на первом этапе планировки при толщине срезки выше 12 см с объемами земляных работ более 200 $m^3/га$. Короткобазовый планировщик наиболее приспособлен для последующей доводочной (чистовой) планировки при толщине срезки до 7 см с объемами земляных работ до 100 $m^3/га$. Универсальный скрепер-планировщик наиболее эффективен в работе при толщине срезов менее 12 см и объемах земляных работ до 200 $m^3/га$ по сравнению с клин-планировщиком или планировщиком, которые ограничены в применении.

7. Лазерные системы землеройно-планировочных машин

7.1 Принцип действия лазерных систем управления

Схема установки лазерной системы землеройно-планировочной машины (скрепер-планировщик) изображена на рисунке 13. Лазерная система включает передатчик, формирующий лазерный луч 11, приемник 9, пульт управления 12, гидроблок 14 и исполнительный механизм высотного перемещения рабочего органа 3, состоящий из гидроцилиндра 5 и опорных колес 4.

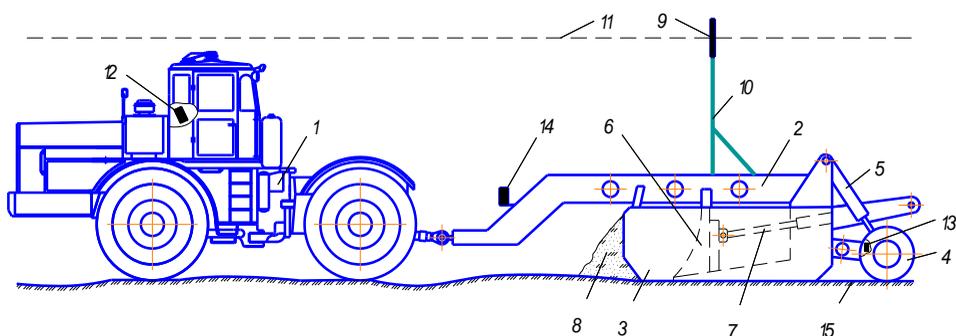


Рисунок 13 – Схема скрепера-планировщика с лазерной системой.

Принцип действия лазерной системы управления заключается в следующем. Когда центр приемника 9 расположен на лазерной плоскости 11 режущая кромка ковша машины 3 находится на проектной отметке 15 при неподвижном положении штока гидроцилиндра 5. В случаях смещения центра приемника 9 вверх или вниз относительно лазерного луча 11 приемник вырабатывает электрический сигнал управления, последовательно передающийся сначала на пульт управления 12, затем на гидроблок 14 и далее на гидроцилиндр 5. Последний перемещает ковш 3 вместе с приемником 9 вниз или вверх (в сторону устранения возникшего смещения) до момента возвращения центра приемника снова на лазерный луч 11 и режущей кромки ковша на проектную отметку 15. При этом гидроцилиндр вновь устанавливается в запортом положении.

В качестве лазерной системы применяют 2 комплекта оборудования. В одном комплекте используют лазерно-приемное устройство ОКО-30 или ОКО-20 (раздел 7.2), в другом - автонивелир АН-3 (раздел 3.2) в режиме работы «ПЛАНИРОВКА». В каждый комплект входит также лазерный нивелир (раздел 3.1) и гидроблок (раздел 7.4).

7.2. Лазерно-приемные устройства

Лазерно-приемные устройства ОКО-30 и ОКО-20 (разработчик ИЦ «Луч») предназначены для выдачи электрических команд автоматического управления высотным положением рабочего органа землеройно-планировочной машины. Устройства рассчитаны для работы с лазерным передатчиком, имеющим круговое вращение луча (раздел 3.1).



Рисунок 14 - Лазерно-приемное устройство ОКО-30: слева - приемник, справа- пульт управления в кабине трактора.

Устройство ОКО-30 (рисунок 14) состоит из лазерного приемника, пульта управления и соединительных кабелей. Приемник конструктивно выполнен по аналогии с приемником автонивелира АН-3 и в отличие от него имеет 3 секции фотодиодов. При попадании лазерного луча на фотодиоды вырабатываются электрические сигналы, которые поступают на усилители и блок логики

(микросхема), где производится их преобразование, запоминание и выработка управляющих сигналов.

Пульт управления предназначен для задания основных режимов работы, преобразования сигналов, поступающих от приемника, в команды управления электромагнитами гидроблока (раздел 7.4), световой и звуковой индикации. На лицевой панели пульта расположены органы управления и индикации положения центра приемника относительно лазерной плоскости «Норма», «Вверх» и «Вниз». Внизу пульта находятся разъемы для подключения кабелей и звуковые отверстия для микрофона.

Таблица 9 - Технические характеристики лазерно-приемных устройств.

Наименование характеристик	ОКО-30	ОКО-20
Угол обзора приемника, град.	360	
Зона нулевого управления, мм	± 30	± 20
Напряжение питания, В	12 и 24 (+20% -10%)	
Напряжение на электромагнитах, В: «Вверх», «Вниз» и «Норма»	12 или 24 и 0	
Потребляемая мощность, Вт	30	
Габаритные размеры, см: - приемника - пульта управления	20x7x5 13x10x8	19x7x5 13x10x8
Масса, кг: - приемника - пульта управления	0,5 0,5	0,4 0,5
Температура работы, град. °С	-10 - +50	

7.3. Актуатор АК-1

Актуатор АК-1 обеспечивает плавную регулировку высотного положения приемника устройств ОКО при поиске лазерного луча (рисунок 15). Перемещение штока актуатора регулируется переключателем, что дает возможность исключить выход машиниста из кабины трактора и экономить время настройки устройства. Актуатор закрепляется на подвижной штанге мачты машины, служащей для грубой установки приемника с актуатором.



Рисунок 15 - Установка актуатора АК-1, сверху-вниз: приемник, актуатор с выдвижным штоком, подвижная штанга в мачте с механическим Г-образным зажимом.

Таблица 10 - Технические характеристики актуатора АК-1.

Наименование характеристик	Значение
Диапазон перемещения штока, мм	300, 400
Усилие на штоке, вверх и вниз, кг:	300 и 200
Скорость движения штока, мм/сек (24В)	6,2-8,2
Номинальное напряжение питания, В	12/24
Номинальный ток, А (24 В)	2,4
Количество концевых выключателей	2
Количество позиций электропереключателя	3
Масса, кг	4
Температура окружающей среды, °С	- 25 - + 65
Максимальная относительная влажность, %	98 при 25°С
Климатическое исполнение	УХЛ
Класс защиты	IP54
Рабочий цикл от общего времени работы	более 10%

7.4. Гидроблок ГБ-УК

Универсальный гидроблок ГБ-УК предназначен для управления гидравлической системой высотного положения рабочего органа землеройно-планировочных машин. Гидроблок состоит из корпуса золотника, 3-ех позиционного гидрораспределителя и установочной плиты (рисунок 16). Команды управления пульта управления устройства ОКО («Вверх» или «Вниз») подают напряжение на один из 2-х электромагнитов, перемещающий золотник, который направляет поток масла в гидрораспределитель и далее гидроцилиндры, регулирующие глубину копания. При снятии напряжения золотник под действием пружины возвращается в нейтральное положение, при котором поток масла сливается в гидробак, а гидроцилиндры запираются. Гидроблок подключают к гидросистеме от насоса или от тракторного распределителя (разработчик ИЦ «Луч»). Гидроклапан, подсоединяемый параллельно к гидрораспределителю, служит для регулировки и поддержания номинального давления и предохранения гидросистемы от перегрузки.



Рисунок 16 - Установка гидроблока ГБ-УК: слева - гидрораспределитель с золотником и электромагнитами, справа - гидроклапан.

Таблица 11- Технические характеристики гидроблока ГБ-УК.

Основные показатели	Значения
Условный проход, мм: - гидрораспределителя В16 - гидроклапана МКВП20/3	16 20
Минимальное давление на входе, МПа	0,5
Максимальное давление на входе, МПа	28
Расход рабочей жидкости, л/мин	80
Время срабатывания золотника, с	0,06
Максимальное число срабатываний золотника в час	15000
Максимальная продолжительность включения, мин	10
Номинальное напряжение питания постоянного тока электромагнитов, В	12 или 24
Потребляемая мощность электромагнитов, Вт	40
Габаритные размеры гидрораспределителя, см	226x221x194
Масса, кг: - гидрораспределителя, - гидроклапана	12,4 4
Температура окружающей среды, С°	от +1 до+55
Климатическое исполнение	УХЛ
Рекомендуемые марки масла в летнее время	ИГП-30

8. Технологии планировки

8.1 Классификация планировочных работ

Принято подразделять планировку сельскохозяйственных земель по назначению и времени ее проведения на следующие виды [13]:

- строительная планировка, выполняемая при строительстве новых и реконструкции существующих мелиоративных систем,
- капитальная (основная) планировка, выполняемая по опыту работы хозяйств с интервалом 5-8 лет в зависимости от ротации севооборота в целях ликвидации значительных неровностей (более ± 10 см),
- эксплуатационная планировка (текущая, предпосевная, весенняя), выполняемая ежегодно перед посевом в целях устранения

мелких неровностей (менее ± 10 см),

- ремонтная (промежуточная) планировка, выполняемая с периодичностью 3-5 лет,

- бескулисная планировка, допускающая величины срезки плодородного слоя 25-50 % от его толщины в зависимости от типа почвы и мощности ее горизонтов,

- кулисная планировка, предназначенная для сохранения маломощного плодородного слоя почвы.

В зависимости от вида поверхности и способа орошения планировку проводят:

- под горизонтальную плоскость (полив напуском, дождевание),

- под наклонную плоскость с уклонами, близкими к естественным (полив по бороздам и полосам, дождевание и др.),

- под систему наклонных плоскостей (полив по бороздам и полосам, дождевание и др.).

В свою очередь по технологическим признакам планировку земель различают на два подвида:

- выборочную (основную, грубую) планировку, когда грунт из мест срезов перевозят в места насыпей, а зоны нулевых работ не планируют,

- сплошную доводочную (чистовую) планировку, которая ведется на всей площади параллельными полосами, примыкающими друг к другу.

8.2 Подготовительные работы

Перед планировкой проводят следующие подготовительные работы:

- уборка территории от различного мусора, металлических и других предметов и пр.,

- очистка площади от камыша, кустарника, мелкокося, древесной растительности, пней, крупных камней, сорняков, пожнивных остатков и т. п. с удалением остатков дернины и больших глыб почвы, которые препятствуют работе машин и снижают качество планировки,

- срезка больших бугров и засыпка крупных ям и канав,
- определение средней толщины плодородного слоя почвы путем бурения скважин или отрывки шурфов на глубину плодородного слоя в различных местах чека, поля для выбора вида планировки (кулисной или бескулисной, раздел 8.1).
- определение категории грунта плотномером (ударник ДорНИИ) для выбора типов машин (таблица 8) и назначения дополнительных работ (вспашка, рыхление, дискование почвы).

8.3 Капитальная планировка

Для проведения капитальной планировки все машины комплектуют лазерным оборудованием. Машинистам выдают проект планировки в виде картограммы и схемы возки грунта (рисунки 7, 8). Применение того или иного типа машины во многом зависит от условий работ (таблица 8), вида планировки (раздел 8.1), подготовительных работ (раздел 8.2) и принятой технологии. Сегодня известны четыре основных варианта технологий планировки.

В классическом виде технология планировочных работ по первому варианту состоит из двух этапов. На первом этапе скрепером (рисунок 9) производится срезка грунта на повышениях и развозка его в понижения, а на втором этапе – доводочная (чистовая) планировка короткобазовым планировщиком (рисунок 10) на всей площади в два следа. Объем земляных работ на доводочной планировке после работы автоматизированного скрепера, как правило, не превышает 100 м³/га, что является достаточным для срезки и отсыпки грунта из ковша планировщика при его движении [15].

Второй вариант капитальной планировки включает три этапа. На первом этапе короткобазовым планировщиком срезают грунт на повышенных местах и при полном заполнении ковша грунтом гидравликой машины приподнимают ковш и оставляют на чеке земляной отвал. Разгруженный ковш снова устанавливают на проектную отметку и продолжают дальнейшую срезку грунта и отсыпку других отвалов. На втором этапе скрепер забирает в свой ковш образованные отвалы, отвозит и отсыпает их в пониженные места. Третий этап - доводочная планировка, выполняемая этим же планировщиком диагонально-перекрестными проходами.

Технология капитальной планировки по третьему варианту также состоит из трех этапов. Сначала клин-планировщик (рисунок 11) срезает грунт в зонах повышений и одновременно формирует по обеим сторонам клиновидного рабочего органа по ходу движения продольные насыпные валики. Затем на втором этапе скрепер собирает валики в свой ковш, транспортирует и разгружает грунт в зоны отсыпки. В завершении короткобазовый планировщик осуществляет доводочную планировку (третий этап работ).

В случае использования короткобазового скрепера-планировщика (рисунки 12,13) технология капитальной планировки (четвертый вариант) аналогична первому варианту, в отличие от которого используется одна машина. В режиме работы скрепера на повышении при заднем положении отвала б происходит срезка и набор грунта в ковш 3 и в призму волочения. Разгрузка набранного грунта в понижение осуществляется путем сдвига отвала б вперед. В режиме планировщика с передним положением отвала грунт периодически срезается и отсыпается из одной призмы волочения 8.

Последовательность выполнения технологических операций во всех вариантах технологий одинакова и состоит в следующем. В начале работ в середине планируемой площади устанавливают лазерный передатчик с заданными проектными уклонами и с учетом максимального радиуса действия устройств ОКО, равного 400м. Высота лазерной плоскости должна находиться на 20-30 см выше кабины трактора во избежание перекрытия луча. По составленной картограмме на поверхности участка находят место с нулевой проектной отметкой, опускают на это место режущую кромку рабочего органа машины и с помощью штанги (грубо) и актуатора АК-1 (точно) вводят центр приемника на лазерную плоскость, что регистрируется загоранием индикатора команды «Норма» на пульте управления устройства ОКО. Для исключения образования на чеке избытка разрыхленного грунта приемник опускают актуатором на 1-2 см. При этом рабочий орган автоматически поднимается на эту же величину, а центр приемника снова устанавливается на лазерную плоскость. Затем каждая машина на своем этапе работ производит планировку в автоматическом режиме управления по намеченным маршрутам перевозки грунта. В процессе работы после кратковременной отработки команд «Вверх» и «Вниз» на пуль-

те горит индикатор команды «Норма», что свидетельствует о нахождении режущей кромки рабочего органа машины на проектной отметке. Обработка команд «Вверх» и «Вниз» сопровождается кратковременными (до 2 с) звуковыми сигналами. Длительные сигналы говорят о недостаточном заглублении рабочего органа машины в плотных грунтах или его замедленном выглублении при перегрузке, что снижает точность планировки. Для устранения этого необходимо делать в этих местах повторные проходы.

8.4 Кулисная планировка

Наиболее эффективным способом сохранения плодородного слоя почвы (раздел 8.1) для лазерной планировки земель под горизонтальные и наклонные плоскости является способ буртования грунта. Плодородный слой срезают на повышениях и понижениях и размещают его в буртах (кулисах) в зонах нулевых работ, где планировка не выполняется. При недостаточной площади нулевых работ допускается складирование почвы во временные кавальеры за пределами планируемого участка. После планировки плодородный слой снова возвращают в зоны срезанного грунта. При необходимости вносят органические удобрения. Объемы земляных работ кулисной планировки чеков могут достигать до 2000 м³/га.

В начале работ в соответствии с составленным проектом обозначают вешками основные контуры срезов и буртов. Крепером снимают и складывают плодородный слой в бурты. В центре участка устанавливают лазерный передатчик с требуемыми уклонами опорной плоскости. Крепером с лазерным управлением сначала выполняют планировку на площади срезанного слоя почвы по аналогии с разделом 8.3 (первый вариант) и затем плодородный слой почвы развозят обратно крепером из буртов в зоны его первоначальной срезки. Доводочную планировку на всей площади проводят планировщиком с лазерным управлением.

8.5 Ежегодная и ремонтная планировка

Эксплуатационная (раздел 8.1) планировка рисовых чеков и поливных участков проводится ежегодно весной перед посевом с

применением планировщиков. Оснащение этих и других машин лазерной системой управления позволяет обеспечить планировку под горизонтальную или наклонную плоскость.

Стоимость лазерной планировки напрямую связана с объемами земляных работ. Через год после проведения капитальной планировки объемы земляных работ минимальны (до 100 м³/га), но с каждым годом возрастают и через 5-8 лет они достигают 300 - 420 м³/га и более [13]. Поэтому представляется целесообразным ежегодно проводить планировку различными планировочными машинами с лазерным управлением (по аналогии с доводочной планировкой, раздел. 8.3), что обеспечит при минимальных объемах земляных работ их наименьшую стоимость.

В тоже время, хозяйства, испытывающие в настоящее время значительный дефицит машин с лазерным управлением, не в состоянии ежегодно в короткий срок планировать большие площади. Поэтому можно рекомендовать, как промежуточный этап, проводить ремонтную планировку (в соответствии с разделом 8.3) периодически через 2-3 года, когда объемы земляных работ не превышают 200-250 м³/га, что снижает потери урожая и сокращает стоимость планировки.

Проведение ежегодной и ремонтной планировки позволит в дальнейшем избежать дорогостоящей капитальной планировки и поддерживать высокое качество чеков с наименьшими затратами.

9. Контроль точности работ

В процессе планировки при помощи телескопической рейки и приемника (рисунок 2) выборочно контролируют высотные отметки в местах больших срезов и насыпей относительно лазерной плоскости, что позволяет своевременно срезать грунт на повышениях и полностью им засыпать понижения под проектную отметку.

После планировки осуществляют контрольную съемку спланированной поверхности чека или участка орошения автонивелиром АН-3 на транспортном средстве (самоходное шасси ВТЗ-30 СШ или автомобиль повышенной проходимости типа НИВА). При съемке по схеме 6 а применяют курсовой навигатор КН-1.

Съемку ведут или на всех спланированных площадях или частично из расчета не менее 25 % от всей спланированной площади. Контрольная съемка аналогична исходной съемке, описанной в разделе 4. Опорную плоскость лазерного нивелира устанавливают горизонтально или с уклоном по двум координатам в соответствии с проектом выполненной планировки. После съемки на компьютере с программным обеспечением ПО-ЧЕК и подключенным пультом управления автонивелира производят распечатку контрольных картограмм и дают оценку точности спланированной поверхности. При несоблюдении предъявляемых требований (раздел 1) производят исправление дефектных участков землеройно-планировочной машиной с лазерным управлением, после чего при необходимости повторяют съемку. На основании полученных данных составляют акт приемки выполненных работ.

На рисунке 17 дана контрольная картограмма спланированного чека, составленная на компьютере по данным съемки с применением автонивелира АН-2 и программного обеспечения ПО ЧЕК. Контрольный чек имеет 92% вертикальных отклонений в пределах ± 3 см, 7 % отклонений в диапазоне $\pm 3-5$ см (допускается не более 15 %), а отклонения более ± 5 см отсутствуют [13].



Рисунок 17 – Контрольная картограмма спланированного чека.

10. Совмещенные технологии планировки

Совмещенные технологии планировки предусматривают выполнение на одной машине последовательно всех операций (съемка – проектирование – планировка – контроль) с одной позиции лазерного передатчика, что значительно снижает трудозатраты, сокращает общее время проведения всего комплекса работ и повышает производительность труда. Совмещенные технологии рекомендуется применять на планировщике ПАУ-4,2Р и скрепере-планировщике СП-4,2 [16].

Размещение лазерного оборудования на планировщике ПАУ-4,2Р и в кабине трактора представлено на рисунках 18 и 19. Все пульта аппаратуры установлены в одной кабине, что дает возможность машинисту, не выходя из нее, управлять различными процессами (съемка, проектирование, планировка и контроль).



Рисунок 18 – Слева направо: планировщик ПАУ-4,2Р с приемником устройства ОКО-30, актуатором АК-1 и гидроблоком ГБ-УК; лазерный передатчик Rugby-810 на металлическом посту; приемник автонивелира АН-3 на тракторе Terrion Atm 5280.

После установки лазерного передатчика производят съемку чека планировщиком с автонивелиром АН-3 и курсовым навигатором КН-1 по аналогии с разделом 4. Затем в кабине трактора на Ноутбуке с программным обеспечением ПО ЧЕК составляют проект планировки. После установки рабочего органа планиров-

щик в автоматическом режиме осуществляет по проекту срезку и отсыпку грунта (раздел 8.3) и в завершении доводочную планировку. Далее по картограмме Ноутбука контрольной съемки планировщиком с автонивелиром АН-3 и курсовым навигатором КН-1 оценивают точность работ (раздел 9). При обнаружении недопустимых отклонений от проектной плоскости чека их устраняют этим же планировщиком. Совмещение различной аппаратуры в кабине трактора обеспечивает быстрый переход от съемки, составления картограмм к планировке и обратно и позволяет обходиться без дополнительных монтажных работ.



Рисунок 19 – Размещение в кабине трактора пультов управления, слева направо: автонивелира АН-3, устройства ОКО-30, курсового навигатора КН-1 и актуатора АК-1.

Скрепер-планировщик СП-4,2 применяют совместно с автонивелиром АН-3 и гидроблоком ГБ-УК. В начале съемки устанавливают лазерный передатчик. Рабочий орган-ковш 3 скрепера-планировщика СП-4,2 опускают гидравликой трактора 1 на поверхность земли в произвольном месте (рисунок 13). Центр приемника 9 автонивелира АН-3 вручную вводят при помощи штанги 10 и зажима на лазерную плоскость, что регистрируется индикацией средней высоты положения приемника в пределах 315 ± 10 см на дисплее пульта управления 12. Ковш 3 поднимают на 15 см гид-

равликой трактора до тех пор, пока показание высоты приемника на дисплее уменьшится на эту же величину, что в процессе съемки обеспечивает свободной проезд машины по чеку, практически не касаясь режущей кромкой ковша поверхности земли. В режиме «СЪЕМКА» скрепер-планировщик перемещается по выбранному маршруту (раздел 4). Курсовой навигатор КН-1 применяют на петлевом маршруте (рисунок 6 а). Далее по данным съемки составляют проект планировки на Ноутбуке с программным обеспечением ПО ЧЕК и ПО ЧЕК+ при подключении к нему пульта управления в режиме «ЧТЕНИЕ».

После включения режима «ПЛАНИРОВКА» на дисплее пульта управления автоматически устанавливается проектная отметка планировки. Чтобы компенсировать начальный подъем рабочего органа на дисплее увеличивают это значение на 15 см. По команде «СТАРТ» появляется сообщение «РАБОТА» и гидравлика машины автоматически выводит рабочий орган на проектную отметку. Скрепер-планировщик по составленному проекту осуществляет планировку в автоматическом режиме управления. Затем в режиме «СЪЕМКА» по типовому или укороченному маршруту (аналогия первичной съемки) записывают отметки спланированной поверхности и контролируют ее точность на Ноутбуке. При выявлении дефектов планировки их сразу можно устранить скрепером-планировщиком без перестановки лазерного передатчика.

Совмещение различных технологий позволяет исключить использование транспортного средства (самоходного шасси) для автотонивелира АН-3 при съемке и лазерно-приемного устройства ОКО-30 при планировке, а также заменить применение нескольких машин на один высокопроизводительный скрепер-планировщик СП-4,2, оснащенный комплектом перечисленной аппаратуры, что значительно снижает финансовые затраты на приобретение техники.

Необходимо отметить, что расход топлива при съемке с трактором типа К-701 существенно выше транспортного средства в виде самоходного шасси. В то же время совмещение различных технологических операций на одной машине дает значительный выигрыш во времени, сокращает численность персонала и число применяемых машин и экономически себя полностью оправдывает.

11. Экономическая эффективность лазерной планировки

В таблице 12 приведены осредненные эксплуатационные производительности землеройно-планировочных машин с лазерным управлением, полученные на основании проведенных в хозяйствах Краснодарского края испытаний, хронометражных наблюдений и инструментальных замеров [15, 17]. В этой же таблице дан пример расчета стоимости капитальной планировки и экономического эффекта в зависимости от применяемых машин, выбранной технологии и условий работ.

Как видно из таблицы, экономический эффект от применения различных технологий лазерной планировки рисовых чеков составляет 1575 - 2705 руб/га, т.е. выгодно применять все упомянутые технологии. Экономический эффект достигается за счет повышения урожайности риса на 12,9 ц/га [13.] после проведения капитальной планировки. Во втором варианте технологии Т-2 заняты скрепер и планировщик. Причем, планировщик используют дважды на различных операциях. В третьем варианте технологии Т-3 работает наибольшее количество машин – 3, что влечет за собой повышение стоимости планировки и снижение экономического эффекта. Наименьшая стоимость планировочных работ 5015 руб/га и максимальный экономический эффект 2705 руб/га достигается в четвертом варианте технологии Т-4 при использовании одного универсального скрепера-планировщика, работающего в режиме скрепера и планировщика. Окупаемость капитальной планировки находится в пределах 1,5-2,4 года, а эксплуатационной планировки 0,8 лет.

Следует также отметить, что общая экономическая эффективность планировки рисовых чеков в зависимости от различных факторов (таблица 2) может составить 12732 руб/га. Эффективность планировки на других площадях орошаемых земель зависит от вида выращиваемой культуры, повышения ее урожайности, экономии поливной воды и сравнима в первом приближении с планировкой рисовых чеков.

Таблица 12-Технико-экономические показатели лазерной планировки рисовых чеков.

№ тех-ноло-гии	Тип машины	Выполняемые технологические операции	Производи-тельность, машины, га/смен	Стоимость, планировки, руб/га	
				Эко-номичес-кий эффект, руб/га	
Т-1	Скрепер	Срезка грунта с повышений и его развозка в понижения	3,2	6289	
	Планировщик	Доводочная планировка	6,2	2132	
Т-2	Планировщик	Срезка грунта с повышений и его разгрузка в отвал	10,1	7255	
	Скрепер	Срезка и развозка отвалов грунта в понижения	3,5		
	Планировщик	Доводочная планировка	6,2	1697	
Т-3	Клин-планировщик	Срезка грунта с повышений и формированием двух валков	15,3	7527	
	Скрепер	Срезка и развозка валков в понижения	2,9		
	Планировщик	Доводочная планировка	6,2	1575	
Т-4	Скрепер-планировщик	Срезка грунта с повышений и его развозка в понижения	4,2	5015	
		Доводочная планировка	6,9	2705	

Список литературы

1. Батраков Ю.Г. и др. Планировка орошаемых земель. М.: «Колос», 1974.
2. Величко Е.Б., Шумаков Б.Б. Технология получения высоких урожаев риса. М.: «Колос», 1984.
3. Попов В.А. Регулирование грунтовых вод на рисовых системах. Краснодар: «Краснодариздат», 1984.
4. Багров М.М., Кружилин И.П. Сельскохозяйственная мелиорация. М.: «Колос», 1985.
5. Рекомендации по переводу закрытых оросительных систем на поверхностный полив. Ставрополь: СтавНИИГиМ, 1999.
6. Высочкина Л.И. Разработка способов и технических средств перевода оросительных систем с дождеванием на поверхностный полив: Автореферат диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Нальчик, 2000.
7. Иванов О.А. Технология поверхностного полива по широким полосам с применением безуклонных ложбин в условиях Хакасии: Автореферат диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. М., 2000.
8. Терпигорев А.А. Механизированные технологии поверхностного полива по бороздам и экономия оросительной воды. //Водосберегающие энергоэффективные технологии и техника в орошаемом земледелии. Сборник научных докладов. Коломна: ООО «Инлайт». 2005, С. 44-49.
9. Терпигорев А.А., Грушин А.В., Жирнов А.Н.. Повышение санитарно-экологической безопасности орошаемых агроландшафтов. //Проблемы и методы управления экономической безопасностью регионов: материалы межвузовской научной конференции профессорско-преподавательского состава. Коломна: 2006., С. 160-163.
10. Ходяков Е.А., Мелихов В.В., Кузнецов П.И. Оценка состояния, проблемы и перспективы орошаемых земель в России. Волгоград: ГНУ ВНИИОЗ, 2010.
11. Ольгаренко Г.В., Булгаков В.И., Савушкин С.С. Инновационная деятельность в орошаемом земледелии //www.rgazu.ru/db/conferencii/web/07_1/works/013.htm 2.

12. Достижение стабильности экосистем на деградированных землях в Каракалпакстане и пустыне Кызылкум. Руководство по современным способам ирригации и мелиорации, методам ведения сельского хозяйства в аридных зонах, потребляющих минимальное количество водных ресурсов: Проект ПРООН/ ГЭФ/Правительства Республики Узбекистан. Ташкент, 2011.
13. Ефремов А.Н. Планировка земель с применением лазерных систем. М.: ООО «Литера-Принт», 2014. 130 с.
14. Ефремов А.Н. Новая машина и усовершенствованная технология планировки земель // М.: Мелиорация и водное хозяйство. 2015, № 2. С. 22-25.
15. Ефремов А.Н. Метод расчета эксплуатационной производительности землеройно-планировочных машин // М.: Строительные и дорожные машины. 2015, № 5. С. 42-46.
16. Ефремов А.Н. Совмещенные технологии комплексной планировки рисовых чеков // М.: Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2016, № 1. С. 5-9.
17. Ефремов А.Н., Насонов С.Ю. Машины и технологии капитальной планировки рисовых чеков // М.: Тракторы и сельхозмашины. 2016, № 3. С. 37-42.
18. Ефремов А.Н. Импортозамещение мелиоративных машин с лазерным управлением для планировки орошаемых земель // М.: Мелиорация и водное хозяйство. 2016, № 2. С. 32-35.

Ефремов Алексей Николаевич
кандидат технических наук

Лазерная планировка орошаемых земель

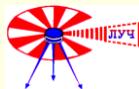
Подписано в печать 05.10.2016.

Формат 148x210. Кегель 12.

Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 3,0.

Печать цифровая. Тираж – 200 экз.

**Отпечатано в авторской редакции в ООО «Литера Принт»,
127550, г. Москва, ул. Прянишникова, 19а, стр. 4.**



ООО ИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР «ЛУЧ-ЮГ»

Производит и поставляет

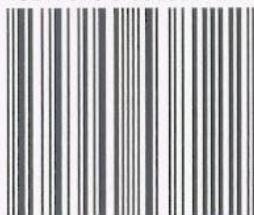
- Скрепер - планировщик СП-4,2.
- Планировщики полей ПАУ-4,2Р, ПАУ-4,2РЦ, ПАУ-3,6Р.
- Лазерные нивелиры с круговым вращением луча.
- Лазерно-приемные устройства ОКО-30, ОКО-20, ОКО-10 для выдачи команд автоматического управления высотным положением рабочего органа землеройных и других машин.
- Актуатор АК-1 для высотного перемещения приемников ОКО.
- Гидроблок ГБ-УК для управления гидравлической системой высотного положения рабочего органа машин по командам устройств ОКО.
- Курсовой навигатор КН-1 для прямолинейного вождения машины.
- Автонивелир АН-3 для вертикальной съемки, планировки и контроля точности работ на орошаемых землях, участках, дорогах и др.
- Программные обеспечения ПО ЧЕК, ПО ЧЕК+ для проектирования планировки рисовых чеков, поливных участков и т.п.
- Металлопрокат и комплекты изделий к тракторам и с/х машинам.

Заказы на лазерное оборудование и землеройно-планировочные машины

принимает ООО Инженерный центр «Луч-Юг» по E-mail:
icluch-ug@yandex.ru и по телефонам 8(865-54)782-43,
8.905-466-41-99 (Сергеев В.Е.), 8.916-623-61-05 (Ефремов А.Н.).

Перечень и цены поставляемой продукции помещены
на Website: <http://www.icluch.narod.ru> и icluch-ug.ucoz.com

ISBN 978-5-9905381-2-2



9 785990 538122