

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт информации
и технико-экономических исследований по инженерно-техническому
обеспечению агропромышленного комплекса»
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аналитический обзор



Москва 2020

Техника и оборудование для села

Сельхозпроизводство • Переработка • Агротехсервис • Агробизнес

ЖУРНАЛ

«ТЕХНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СЕЛА» –

ВАШ ПОМОЩНИК В НАУЧНОЙ, ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ,
УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ И УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ!



Ежемесячный полноцветный научно-производственный и информационно-аналитический журнал «Техника и оборудование для села», учредителем и издателем которого является ФГБУ «Росинформагротех», выпускается с 1997 г. при поддержке Минсельхоза России и Россельхозакадемии. За это время журнал стал одним из ведущих изданий в отрасли и как качественное и общественно значимое периодическое средство массовой информации в 2008, 2009 и 2011 гг. удостоен знака отличия «Золотой фонд прессы». В редакционный совет журнала входят 7 академиков РАН.

В журнале освещаются актуальные проблемы технической и технологической модернизации АПК: инновационные проекты, технологии и оборудование, энергосбережение и энергоэффективность; механизация, электрификация и автоматизация производства и переработки сельхозпродукции; агротехсервис; аграрная экономика; информатизация в АПК; развитие сельских территорий; технический уровень сельскохозяйственной техники; возобновляемая энергетика и др.

Журнал является постоянным участником большинства международных и российских выставок, конференций и других крупных мероприятий в области АПК, проходящих в России, неоднократно отмечался почетными грамотами, дипломами и медалями (более 10).

Журнал включен в международную базу данных AGRIS ФАО ООН, Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, входит в ядро РИНЦ и базу данных RSCI.

Регионы распространения журнала: Центральный, Центрально-Черноземный, Поволжский, Северо-Кавказский, Уральский, Западно-Сибирский, Восточно-Сибирский, Северный, Северо-Западный, Калининградская область, а также государства СНГ (Украина, Беларусь, Казахстан).

Индекс в каталоге агентства «Роспечать» – 72493, в объединенном каталоге «Пресса России» – 42285.

Стоимость подписки на 2020 г. с доставкой по Российской Федерации – 8712 руб. с учетом НДС (10%), по СНГ и странам Балтии – 9936 руб. (НДС – 0%).

Приглашаем разместить в журнале «Техника и оборудование для села» информационные (рекламные) материалы, соответствующие целям и профилю журнала.

Подписку и размещение рекламы можно оформить через ФГБУ «Росинформагротех» с любого месяца, на любой период, перечислив деньги на наш расчетный счет.

Банковские реквизиты: УФК по Московской области (Отдел № 28 Управления Федерального казначейства по МО);

ИНН 5038001475/КПП 503801001

ФГБУ «Росинформагротех», л/с 20486Х71280,

р/с 40501810545252000104 в ГУ Банка России по ЦФО, БИК 044525000.

В назначении платежа указать код КБК (000 0000 0000000 000 440),

ОКТМО 46758000.

Адрес редакции: 141261, Московская обл., пос. Правдинский, ул. Лесная, 60, Росинформагротех, журнал «Техника и оборудование для села».

Справки по телефонам: (495), 993-44-04, (496) 531-19-92;

E-mail: r_technica@mail.ru, fgnu@rosinformagrotech.ru



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт информации
и технико-экономических исследований по инженерно-техническому
обеспечению АПК» (ФГБНУ «Росинформагротех»)

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аналитический обзор

Москва 2020

УДК 621.375.826:63

ББК 22.344:4

Б 90

Рецензенты:

В.И. Балабанов, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева);

А.В. Коломейченко, зав. отделом перспективных технологий Центра сельскохозяйственного машиностроения ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ»,
д-р техн. наук, проф.

Буклагин Д.С., Голубев И.Г., Мишуров Н.П. Применение лазерных технологий в сельском хозяйстве и перерабатывающей промышленности: аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 60 с.

ISBN 978-5-7367-1570-1

Приведены состояние и развитие лазерных технологий в сфере сельского хозяйства, перерабатывающей промышленности и инженерно-технического сервиса аграрного производства. Показано, что лазерные технологии уже применяются при решении таких задач, как улучшение посевных качеств семян, продуктивности животных, калибровки и сепарации семенного материала, освоение аддитивных технологий в ремонтно-обслуживающем производстве, в том числе при анализе нефтепродуктов, очистке деталей от коррозии при дефектации, изготовлении и восстановлении деталей сельскохозяйственной техники.

Предназначен для работников агропромышленного комплекса, научных работников, специалистов сельскохозяйственного производства, преподавателей и студентов аграрных вузов.

Buklagin, D.S., Golubev, I.G., Mishurov, N.P. *Using Laser Technology in Agriculture and Processing Industry*, Analytical Overview (Moscow: Rosinformagrotekh) (2020)

The state and development of laser technologies in the field of agriculture, processing industry and maintenance of agricultural production facilities are presented. It is shown that laser technologies are already used in solving such problems as improving the sowing quality of seeds, animal productivity, calibration and separation of seed material, the development of additive technologies in the repair and maintenance industry including the analysis of oil products, removing corrosion from parts during fault detection, manufacturing and restoration of agricultural machinery parts.

It is intended for agricultural workers, researchers, agricultural specialists, teachers and students of agricultural universities.

ISBN 978-5-7367-1570-1

УДК 621.375.826:63

ББК 22.344:4

© ФГБНУ «Росинформагротех», 2020

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии со «Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации», утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642, в ближайшие 10-15 лет приоритетами научно-технологического развития Российской Федерации будут направления, которые позволят создать технологии, являющиеся основой инновационного развития России, и обеспечат переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта [1]. Широкое применение лазерной техники и оптоэлектронных технологий приближает сельское хозяйство к высокотехнологичной отрасли, позволяет решить многие проблемы в области повышения эффективности и конкурентоспособности промышленного и сельскохозяйственного производства, создания современных систем оценки и контроля качества продукции сельского хозяйства, сокращения затрат при изготовлении и восстановлении деталей сельскохозяйственной техники и др.

Качество продукции зависит от многих факторов, часть из которых может быть управляема. Это, наряду с технологиями, удобрения и средства защиты растений. В то же время чрезмерное употребление фосфатов, нитратов, пестицидов неблагоприятно влияет на урожай и окружающую среду. Как показывает практика, обработка растений фунгицидами, гербицидами и инсектицидами уменьшает содержание клейковины, от которого зависит стоимость пшеницы, поскольку химические препараты вызывают дополнительный стресс и угнетают рост растений. Особое место в защите растений от патогенов занимают различные физические методы, в частности обработка семян лазерным излучением [2]. Исследования показывают, что обработка зерна непрерывным или импульсным лазерным излучением с длиной волны в пределах от 632 до 670 нм повышает урожайность зерна за счет увеличения всхожести семян, энергии прорастания, снижения заболеваемости, развития корневой системы. Развиваются высокотехнологические методы проточной цитометрии, позволяю-

щие измерять физические и химические параметры отдельных клеток или частиц, например при определении соматических клеток в молочной продукции, которые основаны на регистрации флуоресценции и светорассеяния от отдельных клеток или частиц, проходящих через лазерный луч в струе жидкости. Перспективным и динамично развивающимся направлением применения лазерных систем является разработка аддитивных технологий для «цифрового» производства деталей по трехмерной компьютерной модели путем последовательного нанесения материала. Это позволяет сократить трудоемкость изготовления, сроки и себестоимость проектирования и изготовления деталей, сэкономить расходные материалы.

В обзоре рассмотрены основные направления использования лазерных технологий в сфере сельского хозяйства, перерабатывающей промышленности и ремонтно-обслуживающем производстве АПК, обобщен опыт использования отечественных и зарубежных практик применения лазерных технологий для повышения производительности труда, превращения сельского хозяйства в высокотехнологичную отрасль.

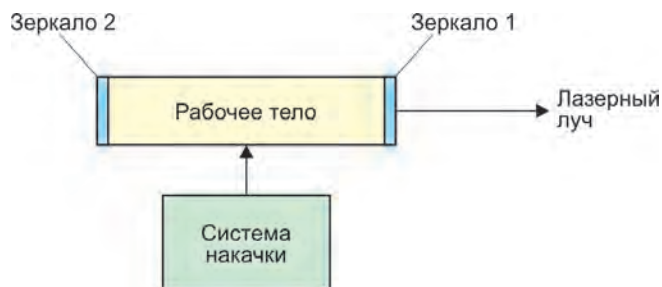


1. ОСОБЕННОСТИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

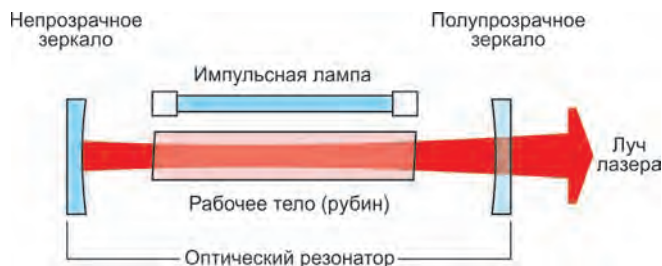
Лазер – квантовый генератор (усилитель) когерентного излучения оптического диапазона. Термин «laser» образован первыми буквами английского названия *light amplification by stimulated emission of radiation* – «усиление света с помощью индуцированного излучения» [3]. Лазерное излучение открыло много новых возможностей в науке и технике. Под излучением в оптическом смысле понимается процесс испускания электромагнитных волн или частиц. До появления оптических квантовых генераторов (ОКГ) в оптическом диапазоне были известны следующие виды излучений: инфракрасное (тепловые лучи), видимый свет, ультрафиолетовое, рентгеновское. Лазерное излучение квантовых генераторов отличается от существующих электромагнитных излучений оптического диапазона и имеет специфические свойства, присущие только ОКГ. Оптический диапазон спектра составляют электромагнитные волны с длиной волн λ от 1 мм до 1 нм. Внутри оптического диапазона имеются инфракрасная, видимая и ультрафиолетовая области электромагнитного спектра. Одной из важнейших характеристик лазерного излучения является длина волны (измеряется в нанометрах или микрометрах). В зависимости от длины волны лазерное излучение может принадлежать к различным участкам спектра: ультрафиолетовому, видимому (чаще красному) и инфракрасному [4]. Основные области биологического действия лазерного излучения: ультрафиолетовая – 180-380 нм, видимая – 380-750, ближняя инфракрасная – 750-1400, дальняя инфракрасная – 1400-10⁵ нм. Функциональная схема и устройство лазера показаны на рис. 1.1 [5].

Лазер обычно состоит следующих основных элементов: источник энергии (механизм накачки); рабочее тело (активная среда), представляющее собой длинный узкий цилиндр, торцы которого закрыты двумя зеркалами («оптический резонатор»). В зависимости от типа рабочего тела лазеры делятся на газовые, твердотельные, жидкостные, полупроводниковые. Основными свойствами лазерного излучения, обеспечивающими широкое применение лазеров в различных областях науки и техники, являются монохроматичность, высокая когерентность, чрезвычайно малая расходимость луча и

высокая плотность мощности (энергии) излучения. Эти свойства широко используются в научно-исследовательских и прикладных работах [5].



а



б

Рис. 1.1. Функциональная схема (а) и устройство лазера (б)

К основным физическим величинам, характеризующим лазерное излучение, относятся: длина волны, мкм; энергетическая освещенность (плотность мощности), Вт/см²; энергетическая экспозиция, Дж/см²; длительность импульса, с; длительность воздействия, с. Лазерное излучение, обладающее высокой плотностью энергии в сочетании с монохроматичностью и когерентностью, представляет собой уникальный фактор воздействия на биологические объекты. Монохроматичность позволяет избирательно воздействовать на определенные молекулярные структуры объектов, а когерентность и поляризация даже при сравнительно небольших уровнях излучения приводят к сильной фотостимуляции процессов в клетках (вплоть до

фотомутагенеза). При воздействии лазерного излучения на биологические объекты происходит разрыв определенных молекулярных связей или структурное преобразование молекул, причем эти процессы являются селективными, т.е. одни связи полностью разрушаются при облучении, в то время как другие практически не изменяются. Такой резонансный характер взаимодействия лазерного излучения с молекулами открывает возможность селективного катализа реакций обмена веществ, светового управления этими реакциями. При этом лазерное излучение играет роль фермента.

Использование подобных свойств лазерных источников света открывает широкие возможности интенсификации промышленного биосинтеза. В отличие от обычных источников света лазер способен стерилизовать соки в видимой части спектра, что позволяет проводить стерилизацию с помощью лазеров непосредственно через бутылочное стекло. Например, при освещении клеток мощным импульсом рубинового лазера достаточно одной вспышки, чтобы погубить до 50% клеток, в то время как та же энергия, поглощенная в течение длительного времени, не только не вызывает повреждений, но и приводит к интенсификации процессов фотосинтеза у микроорганизмов.

Высокая степень монохроматичности лазерного излучения позволяет производить стерилизацию одного типа бактерий при одновременной стимуляции роста микроорганизмов другого типа в бинарных бактериальных системах, т.е. направленную «избирательную» стерилизацию. Эта особенность позволяет использовать его в сферах сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности: при подготовке семян к посеву, в области селекции, ветеринарии, контроле качества продукции, техническом сервисе и др. Кроме того, лазеры используют для измерения различных величин – спектро스코пии, перемещений объектов (интерференционный метод), вибраций, скоростей потоков (лазерные анемометры), неоднородностей в оптически прозрачных средах. С их помощью можно осуществить объемное сканирование и создание цифровых трехмерных изображений объектов, контроль за качеством поверхности, измерить обсемененность среды микроорганизмами и др.

2. ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Одна из важнейших задач растениеводства – повышение качества посевного материала. Разработка и внедрение лазерных технологий обработки семян различных сельскохозяйственных культур являются перспективной альтернативой химическим методам улучшения их посевных качеств. Лазерное излучение стимулирует рост и развитие растений, повышает продуктивность и качество, индуцирует их устойчивость к болезням.

В настоящее время сформированы фундаментальные и прикладные направления применения физической оптики, использования лазеров в фундаментальных исследованиях, решении технических и технологических задач в сельском хозяйстве. На базе лазерного излучения созданы способы и технологические приёмы, позволившие сократить применение гормональных препаратов и пестицидов, повысить продуктивность и экологическую устойчивость многих сельскохозяйственных культур, улучшить качество посадочного материала и семенного фонда. Рентабельность подобных агротехнологий экономически обоснована и подтверждена результатами многолетнего применения в сельскохозяйственном производстве различных стран [6]. Такие свойства лазерного луча, как монохроматичность, когерентность и поляризация позволяют воздействовать избирательно на определенные структуры живых клеток, оказывают резонансное действие, ведущее к интенсификации физиологических процессов, т.е. открывают путь к практическому применению лазера для стимуляции роста и развития растений, а также повышения их устойчивости к болезням [7].

Для активации семян в стационарных условиях и вегетирующих растений в поле научно-производственной фирмой «Биолазер» (г. Краснодар) разработана промышленная унифицированная лазерная установка ЛУ-2 (масса установки 16 кг, потребляемая мощность 200 Вт). Применяемый лазерный луч в видимой красной области спектра длиной волны $\lambda=632-670$ нм – часть энергии солнечного

спектра, которую улавливают зеленые пигменты растений и осуществляют фотосинтез. Установка работает в автоматическом режиме, за один технологический цикл одновременно обрабатывается до 200 т семян в статическом режиме в бурте без перемещения их погрузчиками и пропускания через наклонный желоб. Осуществление операции предпосевной лазерной активации семян в буртах происходит путем облучения его поверхности сканирующим лазерным лучом особым способом, который повышает эффективность насыщения семян биоэнергией. Лазерную обработку посевного материала можно проводить в широком диапазоне сроков, но оптимально – за 20-25 дней до начала сева. Технологический цикл лазерной обработки семян в бурте объемом до 200 т составляет 4-6 суток в зависимости от культуры. Для обработки буртов больших объемов применяются сразу несколько лазерных устройств, которые могут работать в автоматическом режиме от одного пульта управления, или одна лазерная установка, обрабатывающая большие объемы семян за несколько циклов, что экономически выгодно. После окончания обработки и соответствующей отлежки семян в общей массе бурта для передачи энергии в нижележащие слои они подвергаются лабораторному контролю, в результате которого определяются их посевные качества и санитарное состояние, выдаются рекомендации на посев. Проведенные исследования показали, что обработка лазером семян озимой пшеницы сорта Зимородок в объеме 60 т повысила энергию прорастания на 22%, всхожесть – на 7, зараженность болезнями уменьшилась на 72%. Учитывая это, а также усиленные ростовые качества, норма высева может быть снижена на 10-15% [7].

Для ускорения роста и развития растений, повышения урожайности, а также профилактики болезней растений при вегетации (при этом сроки созревания наступают раньше на 5-10 дней) осуществляют лазерную активацию посевов. Эту операцию проводят на такой же лазерной установке, как и при активации семян. При помощи специальной рамки установку навешивают на трактор, облучение посевов производится при движении трактора по периметру поля или технологической колее (диаметр воздействия лазерного луча до 800 м). Многолетние результаты внедрения лазерной активации семян и растений в более чем 50 хозяйствах Краснодарского

края на площади свыше 80000 га выявили устойчивое повышение урожайности культур в среднем до 10 ц/га за счет роста полевой всхожести и энергии прорастания на 10-15%, увеличения количества продуктивных колосьев и массы 1000 зерен (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Показатели использования лазерной технологии

Показатели	Вариант опыта	
	с использованием	без использования
Высота растения, см	79,9	74,5
Длина главного корня, см	9,1	8,9
Количество зерен в колосе, в среднем, шт.	47,0	45,6
Масса зерен в колосе, г	1,74	1,44
Масса 1000 зерен, г	37,0	31,6
Количество колосьев на 1 м ² , шт.	568,0	544,0
Урожай биологический, ц/га	98,8	78,3

Следует подчеркнуть актуальность применения лазера для защиты сельскохозяйственных растений от болезней. Полевые опыты, которые проводили совместно с учеными ВНИИБЗР по изучению стимулирующих и фунгицидных свойств лазерного луча на озимой пшенице, дали хорошие результаты. Так, предпосевная обработка семян озимой пшеницы сорта Победа 50 лучами гелий-неонового лазера низкой интенсивности с последующей обработкой вегетирующих растений позволила повысить урожайность на 30% и снизить распространение стеблевой ржавчины до 0,2%.

Проведенные исследования показали перспективность использования лазерной агротехники при возделывании риса. Так, семена риса сортов Спальчик, Кулон, Славянец, Краснодарский 424 с пониженной всхожестью (50-70%) при обработке импульсным режимом лазера повысили всхожесть на 15-18%, увеличились длина проростков и первичных корней, высота растений, а в процессе вегетации фаза выметывания у растений наступала на 5-6 дней раньше, чем в контрольном варианте. Опыты, проведенные в камерах искусст-

венного климата и на вегетационной площадке, показали, что обработка лазером семян риса сорта Спальчик с 45%-ным поражением фузариозом при всхожести 39% повысила их всхожесть до 67% и снизила зараженность семян в 2 раза. Сравнительный анализ применения лазера и химических препаратов также показал, что лазерная технология дешевле химических обработок в 4 раза и более. Производственные испытания выявили высокую адаптацию лазерной технологии к условиям промышленного сельского хозяйства.

В результате лазерной обработки семян не только повышается урожайность зерновых культур, но и улучшаются мукомольные и хлебопекарные свойства зерна. Эти положительные достоинства позволяют рекомендовать лазерную технологию при выращивании сельскохозяйственных культур как в крупных, так и в мелких фермерских хозяйствах [7].

При изучении влияния лазерной обработки семян сахарной свеклы на их посевные и качественные характеристики установлено, что необходимо учитывать эффект последействия – длительность сохранения действия излучения после воздействия без значительного снижения отклика. Изучение эффекта последействия проводилось на установке ЛОС-25А с плотностью мощности 1,886 Вт, экспозиция составляла 60 с [8]. В качестве материала для исследований использовались семена гибрида Рамоза (МС-компонент) фракции 3,5-4,5 мм, контроль – семена без обработки. Посев семян в лабораторных условиях производился на 1-5 день после облучения. Лабораторное изучение посевных качеств семян свеклы после воздействия излучения показало, что количество проросших семян колебалось в пределах 26,5-54,0% на второй день и 79,0-85,5% на третий. В контрольном варианте данные показатели составили 31,5 и 76,0% соответственно. Наилучшая энергия прорастания (89,5%) отмечена в вариантах с посевом семян в день облучения и на следующий день (1 и 2 день) в сравнении с контролем – 85,5% (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Влияние последствия лазерной обработки семян на их посевные и качественные характеристики

День после обработки	Энергия прорастания		Всхожесть семян		Средняя длина проростков		Масса 100 проростков	
	%	от контроля, %	%	от контроля, %	см	от контроля, %	г	от контроля, %
Контроль	85,5	100	88,5	100	2,9	100	3,1	100
1	89,5	104,7	90,5	102,3	3,1	106,9	3,0	96,8
2	89,5	104,7	91,5	103,4	3,1	106,9	2,9	91,9
3	84,0	98,2	86,5	97,7	3,5	120,7	3,4	108,1
4	81,5	95,3	85,0	96,0	3,8	131,0	3,5	112,9
5	86,5	101,2	88,0	99,4	3,4	117,2	3,2	103,2

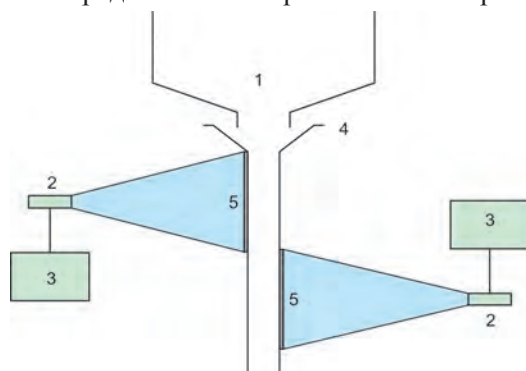
Показатели всхожести семян также были максимальными в этих вариантах – 90,5 и 91,5% при 88,5% в контрольном варианте. Увеличение периода последействия лазерного облучения с 3 до 5 дней действовало угнетающе на прорастивание семян сахарной свеклы. Энергия прорастания и всхожесть семян были ниже контрольных величин. По показателю «длина проростков» положительное воздействие НКИ установлено во всех вариантах опыта. Увеличение периода последействия лазера стимулировало развитие проростков их масса превышала контроль на 3,2-12,9%. Таким образом, метод лазерной фотоактивации более эффективен по сравнению с существующими физическими и химическими способами предпосевной подготовки семян по следующим причинам: кратковременность воздействия и отсутствие отрицательных эффектов в широком диапазоне режимов лазерной обработки семян; стабильное повышение урожайности сельскохозяйственных культур на фоне различных почвенно-климатических условий; увеличение концентрации сахаров, витаминов, белка и клейковины; повышение полевой всхожести семян и усиление ростовых процессов (вполне вероятно снижение нормы высева семян на 10-30%), повышение устойчивости растений к поражению различными заболеваниями.

Несмотря на положительный эффект применения лазерной активации семян, в некоторых источниках утверждается, что их обработка лазером не особо эффективна против семенной инфекции, корневых гнилей и не обеспечивает дальнейшей защиты растений от болезней. Кроме того, отмечается, что эффект от лазерного облучения семян может быть как положительным, так и отрицательным и даже нейтральным [2].

В последнее время лазерная предпосевная обработка семян привлекает большое внимание зарубежного научного сообщества своим положительным влиянием на повышение всхожести и роста растений, овощей и сельскохозяйственных культур. Поэтому за рубежом проводятся интенсивные исследования влияния лазерного излучения на показатели роста и урожайность сельскохозяйственных культур, продуктивность животных, а также использования лазеров при оценке биомассы, качества и безопасности продукции [9-11]. Чтобы

оценить применение лазерного излучения применительно к массовому производству, выполнено исследование влияния диодного лазерного облучения на всхожесть семян пшеницы, ее ранний рост и биохимические показатели [9]. Выявлено, что обработка красным лазером в течение 20 мин показала увеличение процента прорастания на 25%, длины побега на 4,68 см и длины корня на 0,64 см по сравнению с контрольным образцом, в то время как зеленый лазер в течение 2 мин показал прорастание на 6,25% меньше, чем у необработанных семян. Исследование количества корней и побегов семян пшеницы с первого по третий день показали, что красный лазер имеет огромное влияние как на развитие корневой системы, так и на побеги по сравнению с зеленым. Но образцы, обработанные зеленым лазером, также имеют хорошие результаты по сравнению с контролируемыми образцами. Так, зеленый лазер показал увеличение длины побега на 9,67 см, корня – на 5,39 см по сравнению с необработанными семенами. Установлено, что в семенах, облученных зеленым лазером, содержание супероксиддисмутазы, каталазы и пероксидазы составило соответственно 11,9, 10 и 1,53 мг белка по сравнению с контрольными семенами. Таким образом, эти исследования считаются перспективными и требуют более широкого масштаба исследований [9].

В работе [10], выполненной в КНДР, определялся эффект лазерной предпосевной обработки семян риса, которая осуществлялась



методом свободнопадающего зерна. Устройство состоит (рис. 2.1) из семенного ящика 1, красного полупроводникового лазера 2, импульсного источника питания 3, транспортной трубки 4 и окна экспозиции 5. Общая масса устройства составляла около 15 кг.

Рис. 2.1. Принципиальная схема устройства лазерной обработки

Испытания проводились в 2017 г. на двух сортах семян корейского риса (Пхеньян-53 и Донгсунг-1), облучавшихся полупроводниковым лазером с длиной волны 650 нм, который контролировался в режиме ШИМ. Каждую группу облучали с использованием времени экспозиции 0,28 с и коэффициента мощности 50%. В результате наблюдалось значительное улучшение показателей всхожести, роста и конечной продуктивности. При использовании лазерной предпосевной обработки семян риса общая продуктивность была увеличена на 7,7 и 21% для сортов Пхеньян-53 и Донгсунг-1 соответственно. Основной целью проведенного исследования является получение более высокой производительности труда, т.е. конечная эффективность метода оценивалась на основе общей производительности. Для этого были определены количество колосьев на единицу площади, зерен в колосе, скорость созревания, масса 1000 зерен и продукции на единицу площади. Количество колосьев на единицу площади было рассчитано путем усреднения количества колосьев в 10 случайно выбранных единицах площади (м^2); количество зерен в колосе было оценено путем усреднения общего количества зерен в 100 случайно выбранных здоровых колосьях. В качестве фактора продуктивности также выбрана скорость созревания, которая определялась по специальному уравнению. Продуктивность на единицу площади рассчитана путем усреднения общей массы зерна на 10 случайно выбранных единицах площади. Все эти параметры были статистически проанализированы и использованы для оценки эффективности предпосевной лазерной обработки в последующих экспериментах. Оценка эффективности лазерной предпосевной обработки почвы предложенным в данной работе устройством проводилась в рисоводческих хозяйствах КНДР. Два вида риса – Пхеньян-53 и Донгсунг-1 перед посевом облучались лазерным устройством обработки с длиной волны 650 нм и плотностью мощности 0,2. Облучение лазера модифицировали ШИМ-сигналом, частота которого составляет 5 кГц.

При контроле высева семян эффективное время воздействия лазерного излучения установлено 0,17 с. Проведена оценка ряда параметров, отражающих состояние роста и продуктивности. Лазерная предпосевная обработка семян риса выявила существенные различия по параметрам состояния роста и коэффициенту продуктив-

ности при предпосевной обработке семян лазером по сравнению с контролем (необработанных лазером). Выявлено улучшение показателей по сравнению с контролем: всхожесть (86,5-89,6%), высота (21,7-23,3 см), количество листьев (7,4-7,9) и побегов (2,63-3,33) в среднем. В результате все параметры, характеризующие состояние роста Пхеньян-53, были увеличены на 3,6; 7,4; 0,7 и 2,7% соответственно по скорости прорастания, высоте, числу листьев и побегов.

После уборки риса были оценены факторы продуктивности сорта. С вероятностью 0,95 установлено, что все факторы увеличились в тесте по сравнению с контролем: количество колосьев на 1 ед. площади (281-295), зерен в колосе (128-132), скорость созревания (90,5-92,6%), масса 1000 зерен (27-28 г) и общая урожайность с 1 га (8,8-9,48 т) в среднем. Результаты показывают, что все коэффициенты продуктивности сорта Пхеньян-53 были увеличены на 4,9; 3,1; 2,3; 3,7 и 7,7% соответственно. Показатели, характеризующие состояние роста сорта Донгсунг-1 (скорость прорастания, высота, число листьев и побегов), также были увеличены на 14,1; 12,2; 7,9 и 42,8% соответственно. Коэффициенты продуктивности (количество колосьев на 1 ед. площади, зерен в колосе, скорость созревания, масса 1000 зерен и общая урожайность на 1 га) у сорта Донгсунг-1, обработанного лазером, увеличились на 1,8; 2,8; 1,1; 4,2 и 20,9% соответственно [10].

Результаты исследований показали, что лазерная предпосевная обработка семян может значительно повысить всхожесть и рост растений, а следовательно, и урожайность риса. Планируется, что в дальнейших исследованиях лазерная предпосевная обработка методом свободного падения должна быть отработана для других видов сельскохозяйственных культур с целью определения соответствующих параметров, таких как структура устройства, длина волны и мощность лазера, частота и рабочий цикл управляющего сигнала ШИМ, время воздействия луча и др.

Применение лазеров в селекции

При сравнении воздействия на семена лазеров различной мощности непрерывного и импульсного излучения выяснилось, что

наиболее эффективным и мощным мутагенным фактором среди лазеров непрерывного действия является лазерное излучение в синей области спектра (442 нм) мощностью $3,10^{-2}$ Вт с дозой облучения $7,105$ Дж/м², затем по эффективности воздействия идет монопериодный лазер с оптимальными параметрами: длина волны 694 нм, выходная энергия в импульсе 2 Дж/см², длительность импульса $3,10^3$ - 10^4 с, однако в зеленой области спектра он обладает более выраженным цитогенетическим действием, чем в красной. Число клеток с абберациями при использовании излучения импульсного лазера в 2 раза больше, чем при использовании для облучения семян лазером непрерывного излучения той же длины волны. Исследования показывают, что наиболее эффективным при облучении семян является лазерное излучение импульсного режима с длиной волны в пределах 400-700 нм, мощностью 10^5 - 10^8 Вт, с 50-100 вспышками в импульсе. Для каждого вида семян можно найти оптимальный режим обработки со стимуляционным развитием растений и хозяйственно ценными их признаками, которые благодаря повышению хромосомных нарушений могут передаваться следующим поколениям растений.

При сравнении вариантов облучения импульсным лазером сухих и влажных семян выяснилось, что хлорофильные мутации появляются только в вариантах облучения влажных семян. Максимальный выход хромосомных мутаций наблюдается у влажных семян, обработанных лазерным излучением мощностью $P = 60$ Вт. В этом случае у растений, выросших из этих семян, появляется большее количество хозяйственно ценных признаков [12].

В процессе селекционной работы всё большую популярность приобретает клональное микроразмножение растений *in vitro*, которое позволяет не только быстро тиражировать ценные генотипы, но и получать оздоровленный посадочный материал высших категорий качества. Повышение эффективности этого процесса достигается как оптимизацией питательных сред и режимов культивирования (температура, освещённость и др.), так и применением различных физических факторов, в том числе низкоинтенсивного электромагнитного излучения растительных объектов гелий-неоновым лазером [13]. В результате исследований установлено, что облучение

эксплантов *in vitro* гелий-неоновым лазером ($\lambda = 632,8$ нм) увеличивает коэффициенты размножения *in vitro* малины красной, ежевики и малины чёрной на 30-50% при оптимальной продолжительности облучения от 120 до 480 с. При этом отмечено увеличение коэффициентов размножения у ежевики на 29,7-61,5%, малины красной – на 33,3-60,8%. У малины чёрной увеличение под действием когерентного света составило 66,7-116,7%. Отмечено также увеличение суммарной длины побегов, развившихся из одного экспланта, после облучения красным когерентным светом гелий-неонового лазера в течение 120-480 с, что увеличило число растений, пригодных для укоренения.

Подбор оптимальных режимов и способов лазерного облучения позволяет улучшить рост и развитие нетрадиционных садовых культур на разных этапах культивирования. Так, использование низкоинтенсивного когерентного лазерного излучения позволило повысить эффективность укоренения в 1,5-2 раза у культур, обладающих пониженной способностью к образованию корней (межродовой рябино-грушëвый гибрид и лимонник китайский) [14]. При оптимальных параметрах облучения ускорялся процесс ризогенеза у всех изучаемых форм, в том числе с хорошей способностью к укоренению *in vitro*, таких как ежевика. Проведенные исследования показывают, что для оптимизации режимов обработки необходимо использовать различные длительности облучения 4-6 экспозиций. При этом следует учитывать, что степень достигнутого эффекта нелинейна и зависит от продолжительности воздействия излучения. Стимулирующий эффект достигается как при использовании гелий-неонового лазера, так и полупроводникового, но при разных экспозициях.

Контроль качества семян

На основе лазерных технологий создаются системы и методы обработки изображений для автоматического определения формы и размера семян, отражающие генетические, физиологические и экологические показатели, влияющие на их урожайность, качество и стоимость, разрабатываются методы оценки энергии прорастания и однородности семян, создаются сортировальные машины,

в том числе для исследования статистических показателей семян различных сельскохозяйственных культур [15-18]. Применение 3D-измерительных систем позволяет дать точную оценку не только полевой всхожести и площади листьев растений, но также определять площадь и объем корнеплодов, на основе которых можно проводить целенаправленную работу в области селекции и семеноводства. 3D-лазерная измерительная машина, разработанная фирмой ООО «РИФТЭК», предназначена для бесконтактного измерения геометрических параметров семян подсолнечника и представляет собой автономный программно-аппаратный комплекс. В основу работы машины положен принцип 3D-лазерного сканирования объекта с последующим получением 3D-компьютерной модели и определения из этой модели геометрических параметров. Устройство машины представлено на рис. 2.2 [18, 19].

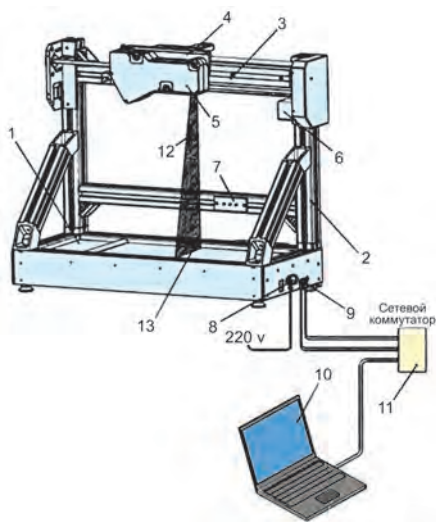


Рис. 2.2. Устройство 3D-лазерной измерительной машины для анализа семян подсолнечника

Машина имеет стол 1, на котором установлена рамная конструкция 2 с направляющей 3. На направляющей размещена каретка 4, несущая лазерный сканер 5. Каретка приводится в движение шаговым двигателем 6 посредством шарико-винтовой пары. В крайних положениях каретки установлены концевые выключатели. На раме 2 размещен блок индикации 7, а на боковой панели машины – разъем питания 8 и два сетевых гнезда 9 для подключения сети. Подключение машины к ПК 10 осуществляется через сетевой коммутатор 11. Лазерное излучение 12 сканера 5 формируется в виде линии 13 и проецируется на стол, на котором расположены контролируемые объекты. Длина лазерной линии соответствует ширине сто-

ла. Полученное изображения контура (профиля сечения) объектов, расположенных на столе, анализируется сигнальным процессором сканера, который рассчитывает расстояние до объекта (координата Z точек) для каждой из множества точек вдоль лазерной линии на объекте (координата X точек). Установленный на каретке лазерный сканер перемещается вдоль стола, направление перемещения формирует координату Y. Через определенные фиксированные линейные интервалы вдоль координаты Y, задаваемые шаговым приводом, лазерный сканер определяет координаты точек профиля объектов (X, Z). В результате получают 3D-компьютерную модель отсканированной области в виде облака точек с известными координатами (X, Y, Z). Требуемые геометрические параметры объектов рассчитываются из полученной 3D-модели. Цикл измерения геометрических параметров полностью автоматизирован, и работа с машиной сводится к работе с программой. Пример рабочего окна программы представлен на рис. 2.3, результаты анализа семечек подсолнечника выводятся на печать.

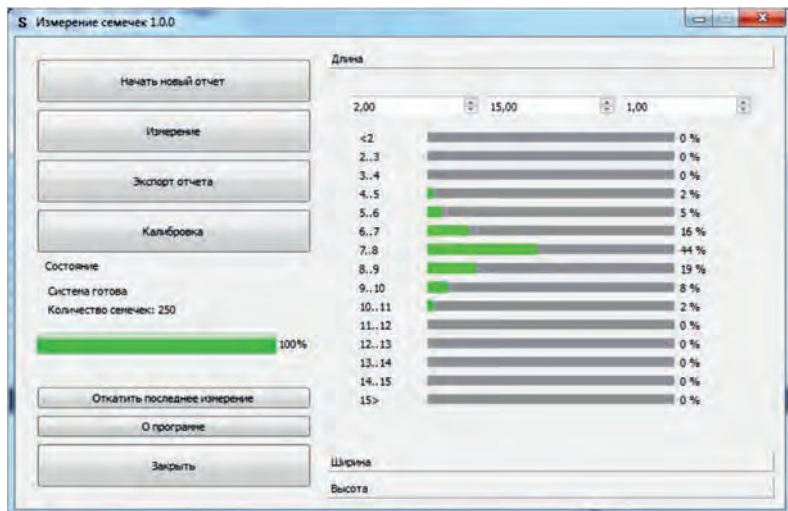


Рис. 2.3. Рабочее окно программы для анализа семян подсолнечника на лазерной измерительной машине

Для проверки качества семян компания «Штрубе» (Германия) разработала уникальную 3D-технологию, не разрушающую семена при их анализе, изменениях и воздействии на факторы, которые отвечают за высокую продуктивность гибридов семян сахарной свеклы, а также технологию сканирования площади листа и корнеплода, позволяющую произвести компьютерную оценку всхожести и роста растений [20]. 3D-технология – компьютерная 3D-томография семян с помощью последовательных рентгеновских снимков каждого семени. Специалисты фирмы считают, что использование простой технологии рентгеновского снимка недостаточно для точной оценки качества семян. Главным показателем при анализе качества семян свеклы является гомогенность. При обычном рентгеновском анализе делается снимок семени в одной плоскости, по которому судят о качестве продукта. 3D-технология позволяет сделать 360 снимков, что дает больше информации о качественных свойствах семян.

Применение трехплоскостной компьютерной томографии (3D-технологии) позволяет детально изучить каждое семя, выявить не только некачественные семена, но и семена с недостаточно высоким потенциалом энергии роста. 3D-технология выбраковывает на 50% больше некачественных семян, чем обыкновенный рентгеновский анализ. На каждом этапе подготовки семян (чистка посевного материала, калибровка, шлифовка, гравитационная сортировка и дражирование) семя подвергается стрессу, может потерять свою энергию и стать непригодным для посева, поэтому необходимо постоянно следить за его состоянием. Из-за этого 3D-технология используется на каждом этапе производства, что позволяет с помощью специальной программы анализировать компьютерные снимки, определять качественный состав семян и проводить их оценку.

При использовании нового автоматизированного 3D-метода одновременно анализируется более 2400 образцов семян сахарной свеклы, что в 24 раза больше, чем при использовании ручного метода.

Кроме полевой всхожести, важным показателем, влияющим на выход сахара и урожайность сахарной свеклы, является гомогенность (однородность) растений. С помощью 3D-лазерного сканера компания «Штрубе» проводит оценку не только полевой всхожести и площади листьев растений, но и определяет площадь и объем кор-

неплодов. Еще одна фирменная новинка компании – получение активированных семян с помощью технологии 3D Плюс, которая подводит семена к грани прорастания: процесс активации, в ходе которого семена обрабатываются в строго контролируемом температурно-влажностном режиме, готовит семена к севу. При этом, оказавшись в земле, «семечко» не тратит время на впитывание влаги, набухание и другие внутренние процессы биохимической подготовки, обеспечивая таким образом более ранние, одновременные и дружные всходы. Повышение урожайности наблюдается в среднем на 2%. По данным компании «Штрубе», инновационная 3D-технология нацелена на следующие результаты: выполнить точный анализ качества посевного материала, получить корнеплоды одного размера с более гладкой поверхностью, отобрать семена с максимально высокой полевой всхожестью, минимизировать потери при машинной уборке, уменьшить потери сахара.

Оценивая перспективы использования цифровых технологий для разработки новых методов испытания сельскохозяйственной техники, создания новых технологий оценки качества семян при проведении селекционной работы, можно наметить следующие направления их развития и применения: создание лабораторных сортировальных машин, использование при оценке качественных характеристик семян на всех стадиях их подготовки, а также слежение за развитием растений.

В настоящее время отечественная и зарубежная промышленность не выпускает лазерные сортировщики семян для сортировки по цвету и семян, пораженных болезнями, предназначенные для использования на финальной стадии окончательной очистки. В то же время количество некондиционных высеваемых семян, например риса, в России достигает до 20%. Поэтому заслуживает внимания лазерный сортировщик, который по сравнению со светодиодами или люминесцентными лампами, применяемыми в традиционных фотосепараторах, позволяет анализировать исследуемый продукт не только по внешним признакам, но и по внутреннему содержанию, т.е. отбраковать порченное, «больное» изнутри. Применение современных оптоволоконных лазерных технологий в сепарации зерна и семян позволяет существенно расширить универсальность оптических сортировщиков [21].

3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Проблемы заболеваемости продуктивных животных в условиях современных технологий животноводства требуют применения новых процедур диагностики, лечения и профилактики заболеваний. Одним из таких методов и является лазерная терапия на основе низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ). С помощью него осуществляется эффективная стимуляция функции молочной железы при раздое первотелок, повышаются естественная резистентность и стимуляция роста телят и поросят-гипотрофников, лечение и профилактика внутренних незаразных болезней животных. Кроме того, НИЛИ способствует повышению выводимости цыплят-бройлеров, а также увеличивает эмбриональную и постэмбриональную жизнеспособность сельскохозяйственной птицы [22]. Лазерная терапия применяется в лечении животных относительно недавно, но уже зарекомендовала себя в практической медицине как высокоэффективный метод. Потери продуктивности коров, связанные с маститом, колеблются в пределах от 10 до 40% годового удоя. В связи с этим большое значение имеет разработка способов и приемов, направленных на совершенствование условий содержания, кормления, технологии доения, ветеринарно-профилактических мероприятий, а также повышение естественной резистентности и молочной продуктивности животных.

В настоящее время разработаны и обоснованы технологические параметры использования лазерного излучения низкой интенсивности различных диапазонов для стимуляции деятельности молочной железы при машинном доении. Установлены оптимальная доза и режим лазерного красного и инфракрасного облучения зоны оснований сосков вымени. Проведенные исследования показали, что лазерное облучение в течение 7-10 суток после отела оказывает положительное влияние на уровень продуктивности и течение всей лактации, а также способствует излечению маститов у коров [23]. Ветеринары рекомендуют лечить воспаления, раздражения и отеки молочной железы коров с использованием лазера, воздействие которого безопасно, его можно проводить во время и после доения.

Для этого импульс направляется на пораженную зону вымени и на биоактивные точки у основания сосков. Длительность одной процедуры 2 мин, курс состоит из 8-10 сеансов. Эффективность лечения клинического мастита оценивается в 78%, субклинического – в 98, лечения раздражений и отеков вымени – в 100%.

Лазерная терапия используется не только в лечебных, но и в стимулирующих целях. После сеансов у спортивных лошадей существенно улучшаются показатели. Для этого воздействуют на их кровь с левой и правой стороны шеи (в зоне яремной ямки) – не больше трех сеансов через день, последний проводится за 1 ч до соревнований [24].

В российских ветеринарных клиниках, на конезаводах, в животноводческих и фермерских хозяйствах широко используются аппарат Рикта-ВЕТ и лазерный терапевтический комплекс ЛТК «Зорька» (рис. 3.1).



*Рис. 3.1. Аппарат лазерной терапии Рикта-ВЕТ (а)
и лазерный терапевтический комплекс ЛТК «Зорька» (б)*

Портативный лазерный терапевтический аппарат РИКТА-ВЕТ, выпускаемый «ЗАО МИЛТА-ПКП ГИТ» (Россия), применяется для лечения отитов, артрозов, растяжений и вывихов, мастита, эндометрита, послеоперационных ран и др., а также для биостимуляции спортивных лошадей, в том числе в полевых условиях. Лазерный терапевтический комплекс ЛТК «Зорька», выпускаемый Российской компанией ООО «Петролазер», предназначен для проведения эффек-

тивной лазерной терапии коров, лошадей и свиней в полевых условиях и на животноводческих комплексах [25]. Терапевтический комплекс снабжен оптическими насадками, имеет микропроцессорное управление с автоматически устанавливающимися параметрами шести режимов проведения процедур. Прибор особенно эффективен при лечении маститов, эндометритов, синовитов, тендовагинитов, бурситов, язв, ран, травм и др. Максимальная мощность 100 мВт, встроенный аккумулятор обеспечивает непрерывную работу в течение 8 ч.

Аппараты лазерные фототерапевтические (АЛФТ), работающие в автоматическом режиме, позволяют проводить ежедневную обработку животных и птицы как с профилактической, так и с лечебной целью. В основе обработки – воздействие лазерных диодов на живой организм в видимой синей и красной областях спектра. Аппараты включаются каждый день автоматически, когда коровы идут на дойку, и выключаются, когда дойка заканчивается. Коровы проходят сначала через одну длину волны, потом через другую буквально за 2 с. Нескольких секунд достаточно, чтобы получить положительные результаты, так как корова проходит возле аппаратов по 2-3 раза в день. Окупаемость АЛФТ в доильном зале и цехе раздоя животных в ОАО «Рудаково» Витебского района Республики Беларусь составила 3,5 месяца.

Исследования использования лазерных методов, проведенные на свиноводческом комплексе ЗАО «Надеево» Волгоградской области на 257 свиноматках с синдромом ММА (метрит-мастит-агалактия) и 3094 поросятах, показали увеличение массы поросенка на 400 г в 20-дневном возрасте, сокращение времени опороса свиноматок на 30-40%. Наблюдалось профилактическое и лечебное действие, например, эффективность комбинированного лечения в начальной стадии артрита составляла 100%.

Лазерные методы в птицеводстве позволяют увеличить яйценоскость и среднесуточный привес на 4-6%, повысить сохранность молодняка цыплят на 2-4%. Использование лазерных методов экономически выгодно и высокоэффективно и в молочном скотоводстве, и при воспроизводстве стада. Исследования, проведенные на агрофермах Нижегородской области, свидетельствуют об увеличении надоев на 6-9%, уменьшении сервис-периода животных на 15-20%,

снижении количества в молоке соматических клеток на 18-23%, сокращении заболеваемости маститом и эндометритом (90-96% животных выздоравливают); повысились качество эякулята семени быков до нормы – 8 баллов, коэффициент оплодотворяемости – до 85-90% [26].

Ветеринарные специалисты постоянно ищут «щадящие» и безопасные способы рассечения тканей, разрабатывают методы «бескровных» операций, обеспечивающих минимальные кровотечения и кровопотерю, особенно при гемофилии. При этом большие надежды возлагают на сфокусированный луч лазера, или лазерный скальпель, определяемый режимом работы (непрерывный, импульсный), длиной волны, плотностью мощности, диаметром пучка излучения и другими параметрами.

Лазеротерапия показана при гнойно-воспалительных заболеваниях мягких тканей. В опытах на свиньях доказана целесообразность использования CO_2 -лазера для иссечения некротизированных тканей при ожогах различной степени и размеров. В результате повреждение окружающих тканей было минимальным, в связи с чем при пересадке кожи трансплантат приживался хорошо. Лазер начали использовать для вскрытия гнойничков, лечения гнойных ран, бескровной некрэктомии. Причем после лазерной некрэктомии гнойные раны целесообразно закрывать глухим швом, поскольку сфокусированный CO_2 -лазерный луч при отсечении мертвых тканей действует одновременно губительно на все виды микробов в ране.

Хотя полного заживления ран в таких случаях достичь удастся не всегда (это зависит от фазы раневого процесса), сроки лечения при этом значительно сокращаются, а при наложении вторичных швов после облучения раневой поверхности осложнений, как правило, не наблюдается [27].

В последнее время исследователи начали применять низкоинтенсивное лазерное излучение (НИЛИ) в рыбоводстве. Результаты научно-исследовательских работ, проведенных ихтиологами-биофизиками, показали, что НИЛИ способно в 3-6 раз увеличить выживаемость личинок при выклеве из икры изначально плохого качества. Большинство таких исследований проводилось с использованием в качестве источника излучения гелий-неоновых лазеров (длина волны

632,8 нм, красная область спектра), которые были достаточно громоздкими (их масса нередко превышала 100 кг), что затрудняло доставку средств излучения к объекту воздействия, особенно в условиях производства.

В настоящее время широкую популярность получили фототерапевтические аппараты, созданные на базе полупроводниковых (диодных) лазеров, а также новых источников квазимонохроматического излучения – сверхярких светодиодов. К достоинствам таких систем следует отнести: возможность выбора длины волны в широком диапазоне; компактность; отсутствие высокого напряжения в источниках питания; легко реализуемое создание аппаратуры, не требующей заземления; малую потребляемую мощность (что делает возможным их работу от встроенного автономного источника питания – малогабаритных аккумуляторов); легко реализуемую возможность изменения воздействующих параметров, а также надежность и долговечность [22].

Таким образом, метод лазерной терапии позволяет снизить затраты на приобретение ветеринарных препаратов, получить продукцию высокого качества при снижении количества дополнительных препаратов: стимуляторов, антибиотиков, гормонов и других, перейти на новый уровень сельскохозяйственного производства, производить экологически чистую и безопасную продукцию.

Другим высокотехнологичным применением лазеров является проточная цитометрия – метод исследования дисперсных сред в режиме поштучного анализа элементов дисперсной фазы по сигналам светорассеяния и флуоресценции. Название метода связано с исследованием одиночных биологических клеток в потоке. Он применяется в современных приборах для подсчета соматических клеток в молоке [28, 29]. Так, в анализаторе соматических клеток в сыром молоке Somacount FC, разработанном компанией «Bentley Instruments» (США), используется метод, базирующийся на принципе лазерной поточной цитометрии. Проба молока берется автоматически и смешивается с флуоресцентным окрашивающим раствором, частицы которого начинают светиться. Проходя через специальный источник под действием лазерного луча, они начинают пульсировать светом и улавливаться фотомультипликационным прибором, а затем конвер-

тируются в электронные импульсы, которые сортируются микроконтроллером и расшифровываются компьютером счетчика соматических клеток. Программное обеспечение позволяет широко использовать базу данных, включая дискеты, серийные и параллельные порты принтеров и сеть, автоматизировать работу счетчика, идентифицировать все анализы и передавать данные в систему, принтер или сеть. В приборе для определения соматических клеток в молоке SomaCount FCM также реализована современная технология лазерной поточной цитометрии для автоматизированного анализа молока производительностью до 600 образцов в 1 ч.

Основа метода поточной цитометрии (рис. 3.2) заключается в использовании системы гидрофокусировки, обеспечивающей прохождение клеток в потоке поодиночке, облучении клетки лазерным излучением, регистрации сигналов светорассеяния и флуоресценции от каждой клетки.

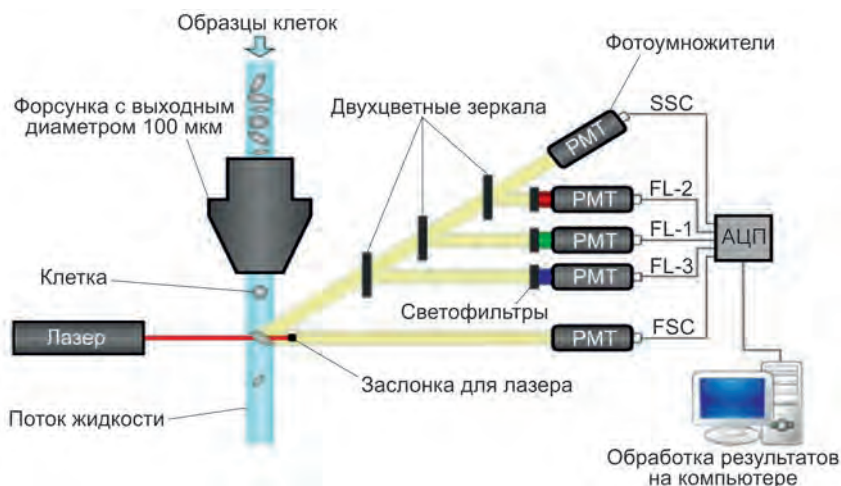


Рис. 3.2. Схема метода поточной цитометрии

Кроме того, в ходе анализа учитывается уровень флуоресценции химических соединений, входящих в состав клетки (аутофлуоресценция) или внесённых в образец перед проведением поточной цитометрии. Клеточная суспензия, предварительно меченная флюо-

оресцирующими моноклональными антителами или флуоресцентными красителями, попадает в поток жидкости, проходящий через проточную ячейку. Условия подобраны таким образом, что клетки выстраиваются друг за другом за счет так называемого гидродинамического фокусирования струи в струе. Гидродинамическая фокусировка обеспечивается большим удельным расходом во внешней струе (струя-оболочка) по сравнению с удельным расходом пробы. При увеличении удельного расхода во внешней струе клетки выстраиваются в линию (одна за другой). В момент пересечения клеткой лазерного луча детекторы фиксируют рассеивание света под малыми углами, под углом 90° и интенсивность флуоресценции по нескольким каналам флуоресцентности. Интенсивность рассеивания зависит от морфологии клетки (размер, форма, внутренняя структура), ориентации клетки в потоке относительно направления падающего излучения, состояния поляризации падающего излучения. Комплекс методов проточной цитометрии позволяет измерять физические и химические параметры отдельных клеток или частиц. Методы проточной цитометрии чаще всего применяются при исследовании лейкоцитов, диссоциированных клеток любых тканей, дрожжевых, бактериальных клеток и др. [30, 31].



4. ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В пищевой промышленности можно выделить два направления практического применения лазеров: для целенаправленного воздействия на продукцию и сельскохозяйственное сырье, а также для передачи и обработки информации, осуществления контроля и измерений. Примеры положительного воздействия лазерного излучения, используемого в технологических процессах, имеются в мясной промышленности. Лазерное излучение предложено использовать для обработки поверхностей мясных отрубов, что позволит повысить сроки хранения животного сырья и улучшить его качественные показатели.

В качестве оборудования использовался излучатель CO_2 -лазер, в котором усиление света происходит за счет молекул углекислого газа. Генерация излучения происходит в основном на длине волны 10,6 мкм. Облученное и необлученное мясо помещали в аналогичные условия хранения при 2-5°C и 18-20°C. Опыты показали наибольшую эффективность лазерной обработки в сочетании с упаковкой в бактерицидную пленку и понижением температуры до 0°C сразу после облучения. Проведенные исследования показали, что сроки хранения увеличивались до 1,5-2,5 месяцев [32].

Исследуемые образцы мяса свинины сначала подвергались бактериологическому контролю, а затем поступали на технологические испытания. Такая последовательность позволяла охватить микробиологическими и теххимическими анализами все образцы опытной партии свиного мяса. Микробиологические анализы показали, что исходная обсемененность необлученной продукции изменялась в пределах от тысяч до десятков миллионов клеток в 1 г мяса, в результате на 10 день хранения при температуре от 0 до 2°C все образцы испортились. При оптимальной мощности излучения у большей части образцов микрофлора была инактивирована на протяжении всего периода хранения (до одного месяца) [33].

Одна из самых трудоемких операций первичной переработки мяса – распиловка туш и разделка на отруба, поэтому перспективным направлением в этих процессах считается применение лазер-

ного режущего инструмента. На основании проведенных экспериментов получены оптимальные режимы лазерной резки: для мышечной ткани скорость 0,5 м/мин, давление 5 бар; для жировой – 3 и 5, для костной – 4 м/мин и 10 бар соответственно. Гистологические исследования обрабатываемых лазерным излучением мышечных, жировых и костных тканей показали, что в глубоких слоях, не подвергшихся воздействию лазерного излучения, характерных изменений не наблюдалось. Микробиологические показатели после воздействия лазерного излучения заметно улучшились: в образцах не обнаружено сальмонелл и кишечной палочки, уменьшилось общее количество микроорганизмов. Аналогичные результаты получены и при проведении экспериментов по разрезанию образцов мяса говядины [34].

В мясоперерабатывающей отрасли, особенно в процессах первичной переработки скота, широко применяется метод объемного сканирования, который является самой современной технологией, позволяющей получить цифровое трехмерное изображение объектов сложной пространственной конфигурации. Основу работы 3D-сканеров составляет лазерный дальномер, проецирующий луч на сканируемый объект, а специальная оптическая камера отслеживает местоположение лазерного луча и отображает абсолютно все искажения формы объекта. После процесса 3D-сканирования все необходимые данные о строении и форме изучаемого объекта поступают в компьютер, где происходят анализ полученной информации и построение точной компьютерной модели объекта.

Лазерное сканирование имеет следующие преимущества: высокая точность снятия данных, отсутствие вредного излучения, бесконтактная технология. Поэтому этот метод широко применяется в робототизированных технологиях первичной переработки скота, например компаниями «MoviMED» и «Jarvis Products Corporation» (США), фирмой «Fanuc Robotics» (Япония), компанией «Westfleisch» (Германия) и др. [35]. Эффект лазерной активации апробирован и внедряется в производстве молочных продуктов, что позволяет экономить 10-30% реагентов, ускорять процессы в 1,2-2 раза, уменьшать расходы тепла, электроэнергии, чистой воды, улучшать качество готовой продукции. Лазерная активация молока повышает про-

должительность бактерицидной фазы и качество молока по бактериальной обсемененности. Обработка молока позволяет снижать его кислотность при приемке, сокращается время получения молочных продуктов (например, кефира). При этом улучшаются органолептические свойства готовой продукции – кефира, сметаны, пастеризованного молока, творога, мороженого [36].

Лазерная технология переработки молока, разработанная в Казахстане, позволяет решить проблемы повышения его качества без изменения технологического регламента [37]. Лазерные модули легко встраиваются в любую технологическую линию без остановки производства, относительно дешевы, потребляют небольшое количество электроэнергии (не более 100 Вт·ч). Безопасность технологии определена доклиническими и клиническими испытаниями молочной продукции, полученной в промышленных условиях по лазерной технологии. По данным [38], эту технологию обработки молока предлагается внедрить в рамках формирования Евразийских технологических платформ, что позволит повысить его качество по таким показателям, как бактериальная обсемененность, термостойкость и кислотность. Исследования влияния лазерной обработки на показатели безопасности молочного сырья, проведенные в МГУПП, показали, что лазерное излучение позволяет повысить качество и увеличить срок хранения цельного сырого молока, обеспечивает снижение бактериальной обсемененности в сотни и тысячи раз, не вызывая изменения вкуса, цвета, запаха, снижает риски развития в молочных продуктах патогенных и токсигенных микроорганизмов.

Другими примерами успешного применения лазерного излучения в технологических процессах перерабатывающей промышленности являются технологии: лазерной обработки винных материалов (Кубанский государственный технологический университет); инфракрасного низкоинтенсивного лазерного излучения для увеличения содержания сахаров на 6,7%, экспозиция облучения 8-10 с, мощность 0,25 Вт/см² (Мичуринский ГАУ); осветления плодовых соков с помощью воздействия на них лазерного излучения (Дагестанский ГТУ) и др.

Как показывают исследования (табл. 4.1), при обработке лазерным излучением яблочного и виноградного соков наблюдается ус-

корение осветления по сравнению с необлученными образцами, что повышает качество плодово-ягодных соков (напитков) и обеспечивает их стабильность при хранении [32].

Таблица 4.1

Усредненные данные показателей оптической плотности соков

Сок	Время облучения, мин	Оптическая плотность, Д	
		до облучения	после облучения через 8 суток
Виноградный	0	0,18	0,06
	2		0,10
	3		0,11
	5		0,02
Яблочный	0	0,33	0,16
	2		0,08
	3		0,11
	5		0,09

В пивоваренной промышленности важным направлением являются интенсификация технологических процессов и повышение качества пива, которое зависит от биотехнологических процессов, происходящих при сбраживании суслу с помощью дрожжей. Воздействие лазерного излучения на живые биологические объекты чрезвычайно разнообразно. Проведенные исследования по изучению влияния лазерного излучения в инфракрасном диапазоне на пивные дрожжи верхового брожения для интенсификации процессов брожения позволили установить оптимальное время обработки дрожжевой суспензии (2 мин), воздействие различных частот лазера на процесс сбраживания пивного суслу. Исследования показали, что малые частоты лазера благоприятно воздействуют на физиологическое состояние дрожжевой клетки, уменьшая количество мертвых клеток и стимулируя процессы размножения дрожжей и брожения [39].

Лазерные технологии открывают новые возможности для широкого спектра пищевой 3D-печати. Так, специалисты Колумбийского университета, создавшие устройство лазерной 3D-печати продуктов, считают, что лазерная кулинария имеет некоторые преимущества по

сравнению с традиционной и в ближайшие пять-десять лет станет коммерчески жизнеспособной [40].

Лазеры широко применяются как датчики и регуляторы на технологических линиях, используются при производстве этикеток, маркировке продуктов, контроле и анализе показателей в процессе пищевого производства. Например, в системах лазерной флуоресцентной микроскопии для экспресс-диагностики бактериальной обсемененности сыра, сортировки плодов и ягод, оценки качества пищевых продуктов на всех этапах их производства, хранения, реализации и применения [41, 42].



5. ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Создание новых технологий производства и высокотехнологичных машин для АПК, повышение достоверности результатов испытаний не могут быть успешно выполнены без применения современных цифровых методов измерения и контроля, поэтому лазерные технологии, позволяющие повысить точность и производительность измерений при испытаниях машин, активно внедряются в практику машиноиспытаний.

Анализ показывает, что в измерительной технике все большее распространение получают лазерные триангуляционные датчики и сканеры, предназначенные для бесконтактного измерения и контроля профиля поверхности, положения, перемещения, определения размеров, распознавания технологических объектов, измерения уровня сыпучих материалов и жидкостей, построения 3D-моделей и др. [43, 44]. В ходе испытаний сельскохозяйственной техники при инженерно-технологической оценке машин необходимо измерять такие показатели, как пройденное расстояние, скорость движения, тормозной путь, профиль почвы и др. В последние годы для этих целей разработаны и начали применяться бесконтактные приборы, основанные на лазерных и оптических методах измерений, имеющие более высокую точность. Так, в Новокубанском филиале ФГБНУ «Росинформагротех» разработаны устройства для определения рельефа и микрорельефа участка поля дискретными измерениями расстояний в заданных координатах направлениях с применением интегрированного лазерного дальномера Leica DISTO D8, имеющего прикладную программу для информационного соединения и одновременной передачи данных по каналу Bluetooth на ноутбук [45]. При разработке лазерного датчика ИСД-5 для измерения скорости, производимого российской фирмой ООО «ПТП «Сенсорика-М» (рис. 5.1), использовались последние достижения в области математических алгоритмов обработки сигналов, а также оригинальные технические решения, созданные совместно со специалистами Института общей физики РАН [46].



Рис. 5.1. Общий вид лазерного датчика скорости движения ИСД-5

Принцип работы лазерного датчика основан на освещении движущегося объекта и регистрации отраженного сигнала оптической системой, т.е. создании интерференционной картины путем периодической модуляции освещенности объекта в пределах лазерного пучка. Это возможно благодаря свойству когерентности лазерного излучения – все фотоны в пучке сфазированы. Если разделить исходный пучок на два и свести их под углом друг к другу, то получим пространственный фильтр (рис. 5.2). Тогда интенсивность отраженного сигнала будет промодулирована с частотой «период освещенности» – «скорость его пересечения». При этом чем больше число созданных периодов, тем уже спектр сигнала – единичный перепад профиля или яркости объекта будет генерировать не один импульс, а множество (цуг) импульсов, число которых определяется количеством периодов интерференционной картины. Например, при диаметре пучка на объекте 5 мм и периоде интерференции 0,05 мм получаем 100 штрихов интенсивности, которые определяют точность измерений. По данным разработчика, для достижения точности измерения 0,1% достаточно иметь 20-30 штрихов. Техническая характеристика лазерного датчика скорости движения (ИСД-5) представлена в табл. 5.1.

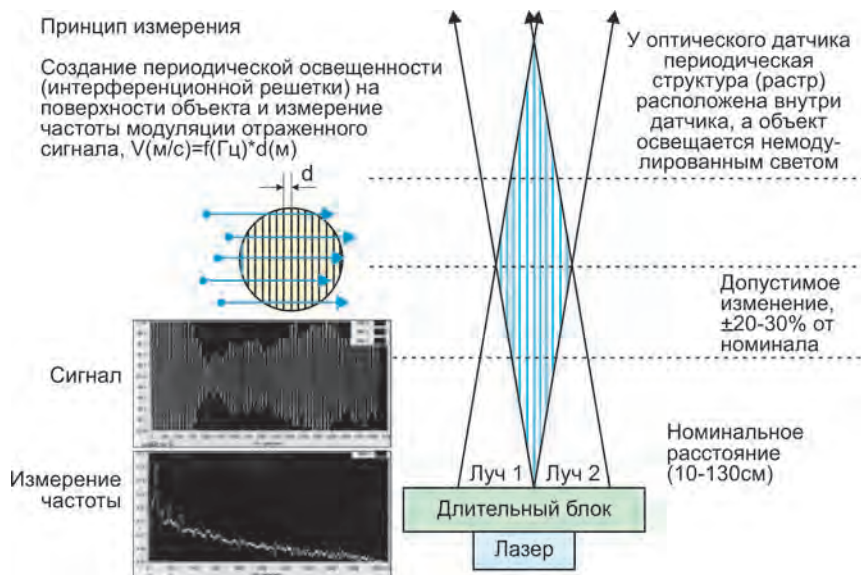


Рис. 5.2. Общий принцип измерения расстояния лазерным датчиком

Таблица 5.1

**Техническая характеристика лазерного датчика
скорости движения**

Показатели	ИСД-5
Принцип измерений	Лазерный интерференционный
Диапазон измеряемых скоростей	0,01-50 м/с
Точность измерения скорости, %	$\pm 0,2$
Абсолютная точность измеряемой длины, %	$< \pm 0,15$
Частота измерений, Гц	20-100
Номинальное расстояние от оптики датчика до поверхности (допустимый диапазон), см	$5 \pm 2, 10 \pm 3, 15 \pm 5, 30 \pm 10, 60 \pm 20$ и 130 ± 400
Напряжение питания, В	9-36 (импульсный преобразователь, изолированный)
Потребляемая мощность, Вт	0,3-1

Продолжение табл. 5.1

Показатели	ИСД-5
Диапазон рабочих температур, °С	-20...60
Масса датчика + магнитный крепеж, г	(50/200)+50
Габаритные размеры, см	6×4,5×3 (мини) 12×10×3,5 (стандарт)

При обработке сигналов используются современные микросхемы и микроконтроллеры с сигнальными процессорами, что позволяет измерять скорость с высокой частотой и реализовывать различные выходные сигналы – аналоговые, частотные, цифровые. Оба типа датчиков измеряют пройденный путь по измеренной скорости (интеграл скорости по времени). Выпускается широкая линейка оптических и лазерных датчиков с номинальными расстояниями до объекта 15-130 см и диапазоном измеряемых скоростей 0,01-100 м/с для самых различных применений в промышленности и на транспорте. В основу работы лазерного датчика положен принцип оптической триангуляции. Излучение полупроводникового лазера фокусируется объективом на объекте. Рассеянное на объекте излучение входным объективом собирается на CMOS-линейке. Перемещение объекта вызывает соответствующее перемещение изображения. Встроенный процессор сигналов рассчитывает расстояние до объекта по положению изображения светового пятна на CMOS-линейке [46].



6. ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ СИСТЕМ В РЕМОНТНО-ОБСЛУЖИВАЮЩЕМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Лазерные системы применяются в ремонтно-обслуживающем производстве, в том числе при анализе нефтепродуктов, очистке деталей от коррозии, дефектации, изготовлении и восстановлении деталей сельскохозяйственной техники [47-55].

Применение лазерных технологий при анализе нефтепродуктов

Заслуживает внимания новый комплексный метод лазерного фазового экспресс-анализа свойств и качества нефтепродуктов, в основе которого лежит анализ фазовых превращений в мутной жидкой технологической среде при ее охлаждении до застывания и последующем нагреве. На базе этого метода разработан и изготовлен автоматизированный измерительный комплекс для экспресс-анализа различных видов жидких нефтепродуктов, получивший название «лазерный фазовый анализ» (ЛФА) [54]. Разработанный метод позволяет контролировать рост кристаллов парафина и на этой основе создавать методики оценки различных свойств нефтепродуктов. Для повышения точности и корректности результатов используется принцип зеркального отражения (рис. 6.1а). В этом случае лазерное излучение попадает на приемник излучения, не проходя сквозь среду, а отражаясь от ее поверхности. Для реализации этой методики разработаны и изготовлены автоматизированный экспресс-анализатор состава сред жидких

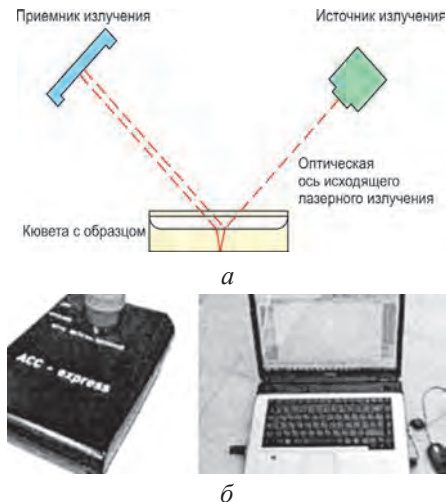


Рис. 6.1. Схема лазерного фазового анализа (а) и экспресс-анализатор нефтепродуктов «АСС-экспресс» (б)

нефтепродуктов, получивший название «АСС-экспресс» (рис. 6.1б), и соответствующие методики определения содержания воды в топливе, температуры, потери текучести и чистоты топлива [54].

Лазерная очистка металла от продуктов коррозии

Способность чистого металла отражать лазерное излучение, когда вещества с более сложным составом поглощают его, заложена в устройства для лазерной очистки металла от продуктов коррозии (ржавчины). В результате слой ржавчины, который включает смесь оксидов железа, пленок гидроксидов и разных загрязнений, начинает накапливать энергию, нагреваться и отрываться от основания. Если мощность лазерного оборудования высока, то налет плавится и испаряется. Чаще всего лазерная очистка металла от ржавчины производится при импульсном излучении, вызывающем испарение оксидной пленки. Порядок работы прибора следующий: лазер определяет глубину обработки с помощью кратковременного импульса, издаваемого рабочей головкой, затем в автоматическом режиме выбирается мощность, и осуществляется полное снятие ржавчины [55].

Сканирование поверхностей деталей

Сканирование поврежденных поверхностей деталей машин, используемых в агропромышленном комплексе с помощью 3D-сканера с последующей компьютерной обработкой и 3D-печатью, открывает широкие перспективы использования таких технологий в ремонтном производстве, увеличивает скорость и точность производства детали, а также снижает расходы на измерительный инструмент. На передовых ремонтных предприятиях 3D-сканеры уже применяются при дефектации деталей после разборки ремонтируемых агрегатов машины и определения износа деталей, а с помощью 3D-принтера восстанавливают изношенную поверхность с учетом износа. К преимуществам такой технологии ремонта следует отнести: повышение точности измерения за счет исключения человеческого фактора; уменьшение номенклатуры используемых средств измерения; воз-

возможность восстановления деталей сложной геометрической формы; нанесение необходимого слоя присадочного материала на место износа с высокой точностью, что снижает его расход на 20-90%.

Такая технология 3D-печати деталей для ремонта дизельных двигателей, разработанная лабораторией в Окридже (Oak Ridge National Laboratory), реализована компанией «Cummins Inc». Процесс заключается в нанесении с помощью 3D-печати высокотемпературного сплава на изношенную часть, при этом износостойкость нанесенного материала выше, чем у материала серийной головки [47, 51, 56, 57]. Лазерное сканирование позволяет контролировать геометрические параметры крупногабаритных изделий сложной формы, линейные и угловые размеры, проводить полный анализ отклонений формы от эталонной модели, а также быстро и легко восстанавливать конструкторскую документацию на изделие в случае ее отсутствия или утраты [58-61].

В Центре технологий НАМИ для контроля отклонений геометрии деталей сначала проводится 3D-сканирование поверхностей, затем данные сканирования сопоставляются с исходной CAD-моделью, по которой была изготовлена деталь. Отклонения по всей поверхности отображаются в виде цветовой карты, на которой цветом наглядно обозначены отклонения. Карты отклонений позволяют сделать вывод об отклонении геометрии детали от CAD-модели и удобны при выборе стратегии дальнейшей механической обработки, поскольку позволяют «вписать» деталь в существующие припуски [50].

В РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева разработано автоматизированное измерительное устройство для контроля геометрических и физико-механических параметров, качества поверхности деталей сельскохозяйственных машин [57, 60]. Устройство по сравнению с контактными средствами повышает точность и производительность измерений за счет комплексного бесконтактного метода измерения. Принцип действия автоматизированного измерительного устройства основан на определении двумерным лазерным сканером координат точек световой линии, проецируемой на поверхность контролируемой запасной части, определении массы и других физико-механических свойств материала контролируемой запасной части, передаче данных системе управления обработке данных, которая автомати-

чески анализирует результаты контроля, делает вывод о годности *контролируемой запасной части* в соответствии с программой за-
ложенных в нее данных о возможных дефектах, типе и *параметре*
контролируемой запасной части. Трехмерная модель автоматизиро-
ванного измерительного устройства представлена на рис. 6.2.

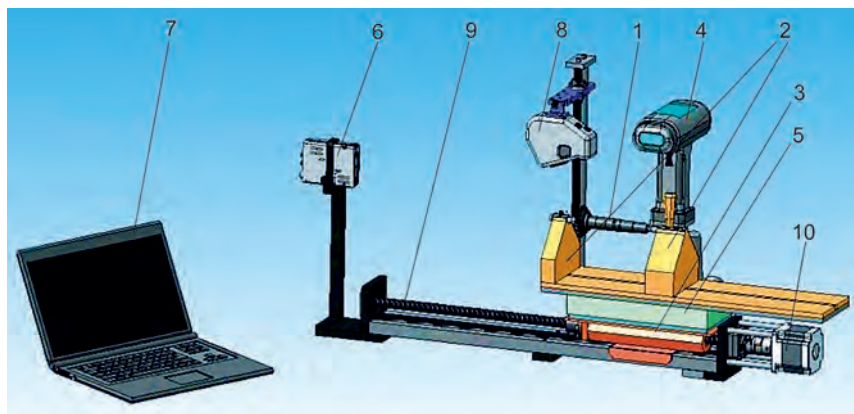


Рис. 6.2. Трехмерная модель автоматизированного измерительного устройства: 1 – контролируемая деталь; 2 – быстроразъемное соединение; 3 – стол; 4 – анализатор металла; 5 – измеритель массы; 6 – лазерный датчик; 7 – система управления обработки данных; 8 – двумерный лазерный сканер; 9 – главный винт; 10 – электродвигатель

Устройство работает по следующему алгоритму: контролируемая запасная деталь с помощью быстроразъемного приспособления закрепляется на столе устройства; подается питание на электронные компоненты; измеритель массы определяет массу контролируемой запасной детали и передает данные системе управления обработки данных; манипулятор перемещает анализатор металла к контролируемым поверхностям запасной части, где происходит определение ее химического состава с последующей передачей данных программе управления и их обработки; программа управления и обработки полученных данных подает управляющий сигнал на манипулятор, который возвращает анализатор металла в начальное положение;

лазерный датчик фиксирует начальное положение контролируемой детали, и подается сигнал на программу управления и обработки данных, которая регулирует угол наклона и высоту двумерного лазерного сканера, а также задает вращение главного винта; в работу включается шаговый электродвигатель, который перемещает стол в требуемое для начала сканирования положение; включается двумерный лазерный сканер; шаговый электродвигатель с установленными параметрами передвигается, перемещает стол с контролируемой деталью относительно двумерного лазерного сканера; в это время происходят сканирование контролируемой детали и передача данных в систему управления данными для последующей обработки; по завершении сканирования контролируемой детали по длине проводится ее поворот на 180° , и осуществляется сканирование в обратном направлении, после чего контролируемая деталь удаляется из устройства. На основании обработки полученных данных программа, заложенная в систему управления обработки данных, в графическом виде выводит сообщение о соответствии характеристик контролируемой детали ее паспортным данным [62-64].

Лазерная наплавка и закалка

При лазерной наплавке наплавочные материалы (порошок, фольга, проволока и др.), нанесенные на поверхность детали, оплавляются лазерным лучом. Наибольшее применение нашли порошковые материалы. Нанесение порошка на деталь может быть осуществлено двумя способами: насыпкой в зону лазерной обработки; предварительной обмазкой детали клеящим составом и затем насыпкой на эту основу. Оплавление лазерным лучом проводится на установках, использующих серийные лазеры. Качество покрытий зависит от скорости перемещения лазерного луча, толщины наплавляемого слоя и перекрытия валиков. В качестве механической обработки обычно применяют шлифование. Ресурс деталей, восстановленных лазерной наплавкой, равен, а в отдельных случаях превышает ресурс новых.

Для лазерной наплавки можно использовать лазерные технологические модули. В практике восстановления и упрочнения изношен-

ных деталей наибольшее распространение получили углекислотные лазеры, работающие в режиме непрерывной генерации излучения. Они производительны, отличаются простотой устройства и управления, не требуют особых помещений. Разработаны технологические процессы восстановления лазерной наплавкой таких деталей, как золотник гидрораспределителя, вал распределительный, вал кулачковый топливного насоса и др. [65, 66].

Процесс трехмерной лазерной наплавки производится с использованием порошковых дозаторов различного типа, позволяющих вводить различные добавки с целью повышения износостойкости деталей. Так, введение нанопорошка карбида тантала в пределах 10% объема шихты позволяет повысить износостойкость наплавленных слоев в 4 раза, увеличение содержания нанопорошка до 40% приводит к повышению износостойкости до 6 раз, однако введение такого количества нанопорошка существенно удорожает наплавленную деталь, и в каждом конкретном случае необходимо проводить оценку экономической эффективности применяемой технологии [53].

Разрабатываются новые технологии использования лазерного луча для упрочнения деталей машин. Так, разработанная технология широкополосной лазерной закалки лучом волоконного лазера при использовании сканеров IPG 2D расширяет номенклатуру упрочняемых деталей. Ширина зоны упрочнения 15-50 мм за один проход позволяет обрабатывать посадочные места шеек валов различных механизмов и машин под подшипники качения и скольжения. Кроме того, эта технология может быть использована при глубине упрочненного слоя 2,5 мм. Износостойкость и задиростойкость образцов стали 40X2HMA, упрочненных волоконным лазером, оказалась в 1,5-2 раза выше, чем для образцов, прошедших азотирование [52].

Аддитивные технологии изготовления запасных частей

Как показывает мировой опыт, значительные перспективы имеют аддитивные технологии (АТ) для изготовления макетов и литейных форм, 3D- печати деталей из полимерных, металлических и керамических деталей, при восстановлении и упрочнении деталей и др.

[47, 56]. «Цифровое» производство деталей осуществляется непосредственно по компьютерному файлу, содержащему 3D-модель, виртуально нарезанную на тонкие слои, которые передаются в АТ-систему для послойного формирования конечного изделия. В создании трехмерных компьютерных моделей деталей и промышленных 3D-принтеров непосредственно используются лазерные системы и технологии, преимущество которых перед традиционными технологиями заключается в сокращении трудоемкости и сроков изготовления, себестоимости проектирования деталей, экономии материалов. Основные технологии для цифрового производства деталей машин по трехмерной компьютерной модели приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Основные технологии для цифрового производства деталей

Технология	Назначение	Тип лазера
Технология SLA (Stereolithography Apparatus – лазерная стереометодграфия)	Печать деталей из полимерных материалов	Ультрафиолетовый лазер со светодиодной накачкой
Технология SLS (Selective Laser Sintering – селективное лазерное спекание)	Печать деталей из порошка нейлона (полиамида), полипропилена, керамики, полистирола и др.	Лазерная установка необходимой мощности, чаще всего углекислотного типа
Технология SLM (Selective Laser Melting – селективная лазерная плавка)	Печать деталей из металла	Волоконный лазер непрерывного действия
Технологию LMD (Laser Metal Deposition – лазерное осаждение металла)	Прямое лазерное осаждение или прямое лазерное выращивание путем подачи порошка или проволоки к месту построения	Волоконный лазер мощностью до 3-4 кВт

Анализ показывает, что подавляющее большинство реализованных 3D-принтеров работает с полимерами (SLA-технология). Процесс печати по технологии SLS заключается в послойном спе-

кании частиц порошкообразного материала до образования физического объекта по заданной CAD-модели. С помощью лазерной установки и сканирующего зеркала луч лазера направляется на необходимые участки порошка, спекая их вместе слой за слоем. После спекания первого слоя выравнивающий механизм добавляет тонкий слой порошка поверх него, и процесс происходит заново до полного построения объекта.

Спекание материала происходит под воздействием луча одного или нескольких лазеров. Перед началом процесса построения расходный материал разогревается почти до температуры плавления, что облегчает и ускоряет работу SLS-установки. Технические параметры некоторых промышленных 3D-принтеров для SLS- и SLM-технологий приведены в [47, 56]. Построение детали по LMD-технологии представлено на рис. 6.3 [48, 56].

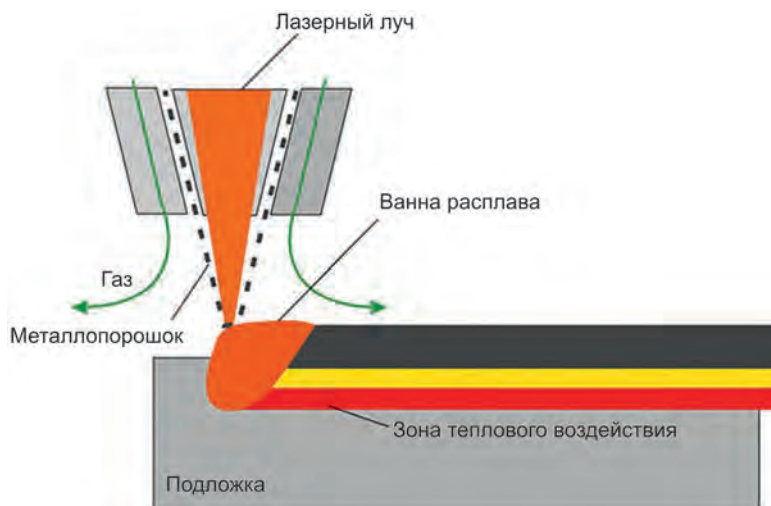


Рис. 6.3. Схема построения детали по LMD-технологии

В настоящее время появились первые отечественные модели высокопроизводительных аддитивных машин, где наряду с импортными комплектующими используется российское программное обеспечение [49, 56]. Разработкой 3D-принтеров с использованием

лазерных систем занимаются российские компании и предприятия: ООО «Лазеры и аппаратура», ООО «ЛАР Технологии», Институт лазерных и сварочных технологий (ИЛИСТ), ООО «Титан-Авангард», ООО «Русские механизмы», ООО «Эксклюзивные решения», АО «ОДК-Авиадвигатель» и др.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В связи с необходимостью ограничения применения химических средств, гормональных препаратов и пестицидов при возделывании сельскохозяйственных культур важное значение приобретает внедрение прорывных, экологически чистых и эффективных лазерных технологий, которые являются принципиально новым направлением в растениеводстве, животноводстве, перерабатывающей промышленности и других подотраслях сельского хозяйства. На базе лазерного излучения созданы технологии, позволившие сократить применение гормональных препаратов и пестицидов, повысить продуктивность и экологическую устойчивость многих сельскохозяйственных культур, улучшить качество посадочного и семенного материала, разработать новые селекционные технологии.

Использование лазерной технологии экономически рентабельнее, чем применение химического метода. Она не только стабильно повышает урожайность (зерновых – до 10 ц/га, сахарной свеклы – до 40 ц/га), но и улучшает качество сельхозпродукции за счет повышения содержания клейковины, витаминов и других питательных веществ. Эффект последствия низкоинтенсивного когерентного излучения на семенах сахарной свеклы проявляется в увеличении энергии прорастания и всхожести на 4 и 3% соответственно. Отмечено стимулирующее воздействие лазерного облучения на длину проростков при посеве семян на 1-5 день после облучения. Под действием инфракрасного низкоинтенсивного лазерного излучения увеличивается содержание сахаров в соках на 6,7%, ускоряются осветление сока и экстракция пищевых красителей. Установлено, что лазерное облучение в течение 7-10 суток после отела оказывает положительное влияние на уровень продуктивности и течение всей лактации, а также способствует излечению маститов у коров. Лазерные методы в птицеводстве позволяют увеличить яйценоскость и среднесуточный привес на 4-6%, повысить сохранность молодняка цыплят на 2-4%. Исследования, проведенные на агрофермах Нижегородской области, свидетельствуют об увеличении надоев на 6-9%, уменьшении сервис-периода животных на 15-20, снижении количества в молоке соматических клеток на 18-23, сокращении заболеваемости маститом

и эндометритом (90-96% животных выздоравливают), повысились качество эякулята семени быков до нормы 8 баллов, коэффициент оплодотворяемости до 85-90%.

Сроки хранения мясных полуфабрикатов при обработке лазерным излучением увеличиваются до 1,5-2,5 месяцев, эффективно использование лазерного луча для распиловки и сканирования туш. Лазерная обработка позволяет снижать кислотность молока при приемке, сокращать продолжительность получения молочных продуктов и повышает их органолептические свойства. Показано, что лазерные технологии позволяют повысить точность и производительность измерений при испытаниях машин. Выявлено, что они эффективны при анализе нефтепродуктов и очистке деталей от коррозии. На передовых ремонтных предприятиях лазерные 3D-сканеры применяются при дефектации деталей, которые повышают точность измерения за счет исключения человеческого фактора и уменьшают номенклатуру используемых средств измерения.

Разработаны технологические процессы восстановления лазерной наплавкой таких деталей, как золотник гидрораспределителя, вал распределительный, вал кулачковый топливного насоса и др. Процесс трехмерной лазерной наплавки производится с использованием нанопорошковых материалов, позволяет повысить износостойкость наплавленных слоев в 4 раза. Износостойкость и задиростойкость образцов стали 40X2HMA, упрочненных волоконным лазером, в 1,5-2,0 раза выше, чем образцов, прошедших азотирование. Лазерные технологии имеют значительные перспективы 3D-печати запасных частей из полимерных, металлических и керамических деталей.

Проведенный анализ публикаций свидетельствует о примерах успешного применения лазерного излучения в технологических процессах агропромышленного комплекса, однако масштабы внедрения таких технологий в сельском хозяйстве и перерабатывающей промышленности недостаточны. К основным причинам неэффективного использования лазерных технологий относятся недостаточная изученность механизма действия когерентного излучения, слабая обоснованность технологических режимов, несовершенство применяемых лазерных установок. Применение лазеров в растениеводс-

тве, животноводстве и других сферах АПК в значительной мере лимитируется недостаточным финансированием развития лазерных и оптоэлектронных технологий в сельском хозяйстве и АПК в целом, отсутствием теоретического обоснования оптимальных параметров лазерного воздействия на живые организмы. Развитие исследований по определению оптимальных параметров лазерного воздействия для повышения всхожести семян, жизнеспособности и роста растений, повышения иммунитета, избирательного подавления паразитов, лечения различных заболеваний растений и животных, повышения надежности деталей сельскохозяйственной техники, создания инновационных методов контроля качества продукции сельского хозяйства должно обеспечить существенное продвижение прорывных технологий для решения актуальных задач современного сельскохозяйственного производства.



ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации, (утв. Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642).

2. **Иванова Т., Керечанина Е., Павлов Н.** Основные аспекты лазерно-оптических технологий, используемых в сельском хозяйстве // Фотоника. – 2015. – Вып. 5. – С. 116-119.

3. Применение лазерного излучения [Электронный ресурс]. URL: <http://electricalschool.info/main/electrotehnolog/1102-primenenie-lazernogo-izlucheniya.html> (дата обращения: 28.02.2020).

4. Свойства лазерного излучения [Электронный ресурс]. URL: <https://www.auna-spb.ru/actual/laser-cosmetology/properties-laser-emission.html> (дата обращения: 14.02.2020).

5. Принцип действия лазера. Типы лазеров [Электронный ресурс]. URL: http://vmede.org/sait/?id=Medbiofizika_fedorov_2008&menu=Medbiofizika_fedorov_2008&page=33 (дата обращения: 28.02.2020).

6. **Атангулова О.Н.** Лазерные технологии как возможность повышения экономической эффективности сельского хозяйства Оренбургской области // Известия Оренбургского ГАУ. – 2011. – № 4 (32). – С. 238-239.

7. **Журба П., Журба Е.** Лазерная технология промышленного возделывания сельскохозяйственных культур // Фотоника. – 2010. – Вып. 3. – С. 34-38.

8. **Подвигина О.А., Нечаева О.М.** Использование лазерного излучения при активации семян сахарной свеклы // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: сб. матер. Нац. науч.-практ. конф. В 2-х т. – Ульяновск: Ульяновский ГАУ им. П.А. Столыпина. – 2019. – С. 68-70.

9. **Sidra Saif S., Saif Khan H., Aftab S., Farooq Khan M., Rehman S., Younus A.** Effect of low power laser irradiation on bio-physical properties of wheat seeds / Влияние низкоэнергетического лазерного излучения на биологические свойства семян пшеницы: Information Processing in Agriculture Available online 31 December 2019 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221431731930099X> (дата обращения: 25.03.2020).

10. **Ri P., Choe S., Jang Y.** Study on laser pre-sowing treatment of rice seeds by free-falling transport method / Исследование лазерной предпо-

севой обработки семян риса методом свободного падения: Information Processing in Agriculture, Volume 6, Issue 4, December 2019, Pages 515-521 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214317318301963> (дата обращения: 10.02.2020).

11. **Buelvas R.M., Adamchuk V. I., Leksono E., Tikasz P., Lefsrud M.** Biomass estimation from canopy measurements for leafy vegetables based on ultrasonic and laser sensors / Оценка биомассы по измерениям листового покрова овощей на основе ультразвуковых и лазерных датчиков: Computers and Electronics in Agriculture. – Volume 164. – September 2019.

12. **Навроцкая Л.В., Загинайлов В.И., Навроцкая С.Р.** Воздействие лазерного излучения на семена сельскохозяйственных культур // Междунар. техн.-экон. жур. – 2018. – № 1. – С. 74-79.

13. **Соловых Н.В., Будаговский А.В., Муратова С.А., Янковская М.Б.** Использование лазерного излучения для повышения эффективности клонального микроразмножения растений рода *Rubus* // Плодоводство и ягодоводство России. – 2012. – Т. 33. – С. 324-329.

14. **Муратова С.А., Соловых Н.В., Янковская М.Б.** Влияние лазерного облучения на укоренение растений *in vitro* // Плодоводство и ягодоводство России. – 2012. – Т. 33. – С. 249-257.

15. **Cervantes E., Martín J., Saadaoui E.** Updated Methods for Seed Shape Analysis/ Scientifica. – Num. 5. – 2016. – P. 15-19.

16. **Wolff A., Gotz Y.** 4D phenotyping of germinating seeds and seedlings as a tool to objectively measure seed quality and improve field establishment and yield of sugar beets/ posted by International Sugar Journal. – Vol. 118. – 1415. – P. 836-7839. – November 2016.

17. **Harnack A.** Laser technology sorting method can improve Capsicum pepper seed quality / American Society for Horticultural Science. – Num. 10. 2013. – P. 23-26.

18. 3D-лазерная измерительная машина серии РФ1020SS: руководство по эксплуатации. – Минск, 2012. – 11 с.

19. **Буклагин Д.С.** Новые измерительные системы: направления и возможности применения при испытаниях сельскохозяйственной техники // Техника и оборуд. для села. – 2017. – № 5. – С. 30-35.

20. Качество и опыт из одних рук: проспект компании «Штрубе», б/г. – 79 с.

21. «Воронежсельмаш» выпустил в производство лазерный оптический сортировщик для очистки семян риса [Электронный ресурс]. URL: <https://sdelanounas.ru/blogs/20621/>, <http://www.tm44.ru/voronezhselfmash/item/290-opticheskie-sortirovshiki.html> Оптоволоконный лазерный сепаратор Документ с сайта vselmash.ru (дата обращения: 06.02.2020).

22. Лазеры в животноводстве и рыбоводстве [Электронный ресурс]. URL: https://vuzlit.ru/136750/lazery_zhivotnovodstve_rybovodstve (дата обращения: 05.02.2020).

23. **Комарова Н.К.** Научное обоснование новых технологических методов повышения молочной продуктивности коров на основе использования лазерного излучения: автореф. дис... д-ра с.-х. наук: 06.02.04. – Оренбург, 1999. – 43 с.

24. Лазерная терапия в лечении животных [Электронный ресурс]. URL: <https://rikta.ru/metodiki/stati/6390/> (дата обращения: 10.02.2020).

25. Зорька – терапевтический лазерный комплекс [Электронный ресурс]. URL: <https://petrolaser.ru/lazernaya-terapiya/zorka-terapevticheskij-lazernyj-kompleks/> (дата обращения: 10.02.2020).

26. **Филиппова М.А., Ермилина В.А.** Применение лазерных фото-терапевтических аппаратов как инновации в агропромышленном комплексе (АПК) России // ГПОУ ТО «Сельскохозяйственный колледж «Богородицкий» им. И.А. Стебута».

27. Применение лазеротерапии в ветеринарии [Электронный ресурс]. URL: http://geolike.ru/page/gl_1118.htm (дата обращения: 10.02.2020).

28. Методы контроля качества и безопасности продукции животноводства: науч.-анал. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 176 с.

29. **Федоренко В.Ф., Мишуров Н.П., Буклагин Д.С.** Методы контроля качества продукции животноводства: науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 175 с.

30. Проточная цитометрия [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%86%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%8F (дата обращения: 14.02.2020).

31. Проточная цитометрия: принципы метода и практическое применение [Электронный ресурс]. URL: <https://www.helicon.ru/support/methodological/protochnaya-tsitometriya-printsipy-metoda-i-prakticheskoe-primeneniye/> (дата обращения: 14.02.2020).

32. **Неменушая Л.А.** Методы лазерной, радиационной и других видов обработки сельскохозяйственного сырья и готовой продукции: науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 56 с.

33. **Мурашов И.Д., Журавлева Д.А.** Обработка мяса и мясных продуктов лазерным облучением как альтернативный способ увеличения срока хранения [Электронный ресурс]. URL: www.sworld.com.ua (дата обращения: 03.04.2020).

34. **Мурашов И.Д.** Разработка установки для лазерного разрезания мяса // Мясные технологии. – 2011. – № 2. – С. 32-34.

35. **Коноваленко Л.Ю.** Опыт использования роботов при переработке сельскохозяйственного сырья: науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 76 с.

36. Практическое применение лазеров [Электронный ресурс]. URL: <https://proiz-teh.ru/lt-lazer-praktika.html> (дата обращения: 03.03.2020).

37. Лазерная технология переработки молока [Электронный ресурс]. URL: <http://лазер.рф/2018/05/15/7959/> (дата обращения: 03.04.2020).

38. В ЕАЭС предлагается внедрить казахстанскую технологию обработки молока [Электронный ресурс]. URL: <http://лазер.рф/2017/12/22/6516/> (дата обращения: 14.02.2020).

39. **Шабурова Л.Н., Данилова А.Н., Пономарева М.С., Гернет М.В.** Действие импульсной частоты лазерного излучения на дрожжи верхового брожения // Пиво и напитки. – 2019. – № 2 – С. 16-19.

40. Лазерная 3D-печать блюд: новый кулинарный подход в пищевой промышленности [Электронный ресурс]. URL: <http://xn--80akfo2a.xn--p1ai/2019/01/23/11068/> (дата обращения: 3.03.2020).

41. Практическое применение лазеров [Электронный ресурс]. URL: <https://proiz-teh.ru/lt-lazer-praktika.html> (дата обращения: 03.04.2020).

42. Контроль качества [Электронный ресурс]. URL: <http://yagody.ru/page/Kontrol-kachestva> (дата обращения: 19.03.2020).

43. **Федоренко В.Ф., Трубицын Н.В.** Современные информационные технологии при испытаниях сельскохозяйственной техники. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 140 с.

44. **Буклагин Д.С., Шмелев С.А.** Трехмерные измерительные системы и возможность их применения в промышленности // Междунар. науч.-исслед. жур. – 2018. – № 1-1 (67). – С. 38-43.

45. **Киреев И.М., Коваль З.М., Зимин Ф.А.** Устройства для определения рельефа и микрорельефа участка поля // Измерительная техника. – 2014 – № 8. – С. 24-26.

46. Датчики скорости, длины и пройденного пути: листок-кат. – М.: ООО «ИТП «СЕНСОРИКА-М», б/г. – 34 с.

47. **Федоренко В.Ф., Мишуров Н.П., Буклагин Д.С., Гольяпин В.Я., Голубев И.Г.** Цифровое сельское хозяйство: состояние и перспективы развития: науч. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 316 с.

48. Лазерные аддитивные технологии: перспективы применения // Аддитивные технологии. – 2019. – № 4.

49. Российские 3D-принтеры и аддитивные установки по металлу: характеристики и цены [Электронный ресурс]. URL: <https://www.3dpulse.ru/news/3d-obzory/rossiiskie-3d-printery-i-additivnye-ustanovki-po-metallu-harakteristiki-i-tseny/> (дата обращения: 03.04.2020).

50. Сканирование поверхностей [Электронный ресурс]. URL: http://lapic.ru/Izmerenie_detaley/Skanirovan/ (дата обращения: 06.05.2019).

51. **Серебrenицкий П.П., Тетенькин А.С.** Аддитивные технологии в ремонтном производстве // Аддитивные технологии. – 2017. – № 4. – С. 52-53.

52. **Бирюков В.П., Фишков А.А., Татаркин Д.Ю., Хриптович Е.В.** Влияние лазерного упрочнения круглым, профилированным и колеблющимся лучом на повышение ресурса работы деталей машин // Фотоника. – 2017. – Вып. 3. – С. 28-34.

53. **Бирюков В.** Повышение износостойкости деталей машин при лазерной наплавке // Фотоника. – 2015. – Вып. 3 – С. 40-45.

54. **Шиганов И., Мельников Д., Якимова М.** Оборудование и методики лазерного экспресс-анализа нефтепродуктов // Фотоника. – 2016. – Вып. 3 – С. 98-102.

55. Будущее наступило: удаляем ржавчину лазером [Электронный ресурс]. URL: <https://kraska.guru/specmaterialy/korroziya/lazer-dlya-udaleniya-rzhavchiny.html> (дата обращения: 14.02.2020).

56. **Федоренко В.Ф., Голубев И.Г.** Перспективы применения аддитивных технологий при производстве и техническом сервисе сельскохозяйственной техники. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 140 с.

57. **Голубев И.Г., Мишуров Н.П., Дорохов А.С., Скороходов Д.М., Свиридов А.С.** Цифровые решения при техническом сервисе сельскохозяйственной техники. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. –80 с.

58. Лазерное 3D-сканирование и портативные КИМ для контроля геометрических параметров и обратного проектирования [Электронный ресурс]. URL: <https://ostec-group.ru/group-ostec/pressroom/articles/tekhpodderzhka/lazernoe-3d-skanirovanie-i-portativnye-kim-dlya-kontrolya-geometricheskikh-parametrov-i-obratnogo-pr/> (дата обращения: 20.02.2020).

59. Сканирование детали для получения 3D-модели [Электронный ресурс]. URL: https://cybercom.ru/info/articles/2017/skanirovanie_detali_dlya_polucheniya_3d_modeli/ (дата обращения: 02.05.2019).

60. **Бурак П.И., Голубев И.Г.** Реализация инновационных технологий технического сервиса. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 160 с.

61. **Лопатина Ю.А.** Применение 3D-печати методом FDM при ремонте машин и оборудования // Технический сервис машин. – 2019. – № 3 (136). – С. 40-45.

62. **Дорохов А.С.** Система контроля качества деталей сельскохозяйственных машин: моногр. / А.С. Дорохов, К.А. Краснящих, Д.М. Скороходов. – М.: МЭСХ, 2019. – 192 с.

63. **Скороходов Д.М.** Влияние факторов на точность контроля качества запасных частей сельскохозяйственной техники автоматизированным измерительным устройством // Вестн. ФГОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина. – 2018. – № 2 (84). – С. 44-49.

64. **Дорохов А.С., Скороходов Д.М.** Автоматизация контроля качества запасных частей сельскохозяйственной техники на дилерских предприятиях // Доклады ТСХА: сб. ст. – М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2016. – С. 266-269.

65. **Черноиванов В.И., Голубев И.Г., Лялякин В.П.** Организация и технология восстановления деталей машин. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – 568 с.

66. **Голубев И.Г., Тараторкин В.М.** Технологические процессы ремонтного производства. – 3-е изд., стереотип. – М.: Изд. центр «Академия», 2019. – 304 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Особенности лазерного излучения.....	5
2. Применение лазерных технологий в растениеводстве.....	8
3. Использование лазерного излучения в животноводстве	23
4. Лазерные технологии в перерабатывающей промышленности	30
5. Применение лазерных технологий при испытаниях сельскохозяйственной техники.....	35
6. Применение лазерных систем в ремонтно-обслуживающем производстве	39
Заключение	48
Литература	51

**Дмитрий Саввич Буклагин,
Иван Григорьевич Голубев,
Николай Петрович Мишуров**

**ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ
И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Аналитический обзор

Редактор *М.А. Обознова*
Обложка художника *П.В. Жукова*
Компьютерная верстка *Г.А. Прокопенковой*
Корректор *В.А. Белова*

fgnu@rosinformagrotech.ru

Подписано в печать 30.06.2020	Формат 60x84/16
Бумага офсетная	Гарнитура шрифта «Times New Roman»
Печ. л. 3,75	Тираж 500 экз.
	Изд. заказ 54
	Тип. заказ 152

Отпечатано в типографии ФГБНУ «Росинформагротех»,
141261, пос. Правдинский Московской обл., ул. Лесная, 60

ISBN 978-5-7367-1570-1



785736 715701

ПОДПИСЫВАЙТЕСЬ НА ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ МИНСЕЛЬХОЗА РОССИИ

Информационный бюллетень Минсельхоза России выпускается ежемесячно тиражом более 4000 экземпляров и распространяется во всех регионах страны, поступает в органы управления АПК субъектов Российской Федерации. В журнале публикуются материалы информационно-аналитического характера о деятельности Министрства по реализации государственной аграрной политики, отражаются приоритеты, цели и направления развития сельского хозяйства и сельских территорий, материалы о мероприятиях, проводимых с участием первых лиц государства по вопросам развития отрасли, освещается ход реализации Госпрограммы на 2013-2020 годы.

Вы прочтете проблемные статьи и интервью с руководителями регионов, ведущими учеными-аграрниками, руководителями сельхозпредприятий и фермерами. Широко представлены новости АПК регионов.

В приложении к Информационному бюллетеню публикуются официальные документы – постановления Правительства России, законодательные и нормативные акты по вопросам АПК, приказы Минсельхоза России.

**Подписку можно оформить через Роспечать (индекс 37138)
и редакцию с любого месяца и на любой период,
перечислив деньги на наш расчетный счет.
Стоимость подписки на 2020 г. с учетом доставки
по Российской Федерации – 4752 руб. с учетом НДС (10%);
396 руб. с учетом НДС (10%) за один номер.**

Банковские реквизиты: УФК по Московской области
(Отдел №28 Управления Федерального казначейства по МО)
ИНН 5038001475 / КПП 503801001 ФГБНУ «Росинформагротех»,
п/с 20486Х71280, р/с 40501810545252000104 в ГУ Банка России
по ЦФО БИК 044525000 ОКТ МО 46758000

**Журнал уже получают тысячи сельхозтоваро-
производителей России и стран СНГ**

В Информационном бюллетене Минсельхоза России
Вы можете разместить свои аналитические
и рекламные материалы, соответствующие целям
и профилю журнала. Размещение рекламы
можно оформить через ФГБНУ «Росинформагротех»
перечислив деньги на наш расчетный счет.

Телефоны для справок: 8 (496) 531-19-92,
(495) 993-55-83,
(495) 993-44-04.

e-mail: market-fgnu@mail.ru, ivanova-fgnu@mail.ru



