

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента на диссертационную работу Казакова Игоря Владимировича на тему: «Обоснование параметров комплекса новых и усовершенствованных машин и орудий для выращивания посадочного материала в зоне хвойно-широколиственных лесов» по специальности 05.21.01 – Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства (технические науки) на соискание ученой степени доктора технических наук**

На отзыв представлена диссертационная работа, состоящая из введения, 7 глав, заключения, списка литературы и приложения, содержащая 297 страниц, из которых 271 основного текста, 83 иллюстрации, 35 таблиц и 287 наименований использованных источников, включая 24 наименования на иностранных языках.

### **1.Актуальность темы исследования**

Стратегией развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года определены основные направления развития лесного комплекса по совершенствованию воспроизводства лесов. Для успешного проведения лесовосстановительных работ требуется значительное количество посадочного материала в виде семян и саженцев, выращиваемых в лесных питомниках. Наиболее перспективным посадочным материалом для создания лесных культур являются саженцы, технология выращивания которых является многооперационной и высоко затратной. Наиболее трудоемкими и важными технологическими операциями при выращивании посадочного материала являются посев, уход и выкопка. Для выполнения этих операций применяются все еще устаревшие конструкции машин и орудий, которые по своим техническим характеристикам не отвечают предъявляемым к ним требованиям по показателям качества работы.

К настоящему времени недостаточно полно изучены и обоснованы конструктивные и рабочие параметры сеялок для поштучно-равномерного высева крупных семян лиственных пород и равномерно-разреженного высева мелких семян хвойных пород. Это приводит к неоправданно высокому расходу дорогостоящих лесных семян, загущению посевов и снижению качества выращиваемого посадочного материала. Агротехнический уход за посадочным материалом в лесных питомниках, оказывающий значительное влияние на его рост и развитие, не в полной мере соответствует качественным показателям ухода за растениями, из-за недостаточной степени уничтожения сорной растительности и рыхления почвы. Заключительной и наиболее важной технологической операцией, оказывающей существенное влияние на качество выращиваемого посадочного материала и в последующем на его приживаемость, является

ся его выкопка, которая проводится машинами с пассивными и активными рабочими органами с недостаточно обоснованными параметрами и режимами работы, отрицательно влияющими на сохранность корней.

Таким образом, тема диссертационной работы И. В. Казакова, направленная на повышение качества и эффективности выращивания посадочного материала лиственных и хвойных пород в зоне хвойно-широколиственных лесов является своевременной и актуальной проблемой для лесного комплекса.

## **2. Степень обоснованности научных положений, достоверности выводов и рекомендаций**

В соответствии с поставленными задачами и целью диссертационного исследования, автором были выполнены на достаточно высоком уровне обоснования выносимых на защиту следующих научных положений:

**Первое научное положение** – «Рабочие процессы сеялки для посева крупноплодных семян, сеялки для посева мелких семян хвойных пород, защищенных патентами на изобретения и полезные модели, позволяющие в лесных питомниках зоны широколиственных лесов производить поштучно-равномерный посев крупноплодных семян и равномерно-разреженный посев мелких семян хвойных пород». Результаты обоснования положения представлены в первой (С. 31-44) и второй (С. 49-82) главах диссертации. При этом в первой главе автором был выполнен достаточно подробный анализ недостатков средств механизации для выращивания посадочного материала в лесных питомниках, включающий традиционные конструкции сеялок для крупноплодных и мелких семян, культиваторов и выкопочных машин. Это позволило диссертанту во второй главе предложить новые технические решения, реализованные в разрабатываемых машинах и орудиях, обосновать их основные параметры и на этой основе в полной мере исследовать процессы, связанные с посевом семян, взаимодействием прикатывающего катка с почвой, устойчивостью рабочих органов культиватора, а также выкопкой посадочного материала.

**Второе научное положение** – «Технологические свойства желудей дуба черешчатого, позволяющие обосновать тип и оптимизировать конструктивные и рабочие параметры высевающего аппарата и сеялки для посева крупноплодных семян». Результаты обоснования положения представлены в подразделе 5.1 и приложении А диссертации. Автором представлены в таблицах 5.1 и 5.2 основные технологические свойства, а на рисунках 5.1, 5.1, А1 ... А10 – гistogramмы по экспериментальным данным технологических показателей желудей дуба черешчатого. Полученные результаты углубляют и уточняют полученные ранее известными учеными результаты аналогичных исследований.

**Третье научное положение** – «Математические модели, программы для ЭВМ и базы данных рабочих процессов посева и заделки почвой на за-

данную глубину в посевной бороздке крупноплодных и мелких семян хвойных пород, позволяющие оптимизировать параметры рабочих органов сеялок». Результаты обоснования положения представлены в третьей главе диссертации, в которой последовательно рассмотрены с достаточной степенью проработанности теоретические аспекты движения частиц почвы при взаимодействии на неё загортачей, параметры математической модели, а также представлены результаты компьютерного эксперимента, полученные на основе разработанного плана теоретического исследования и оценки влияния параметров загортача на эффективность процесса.

**Четвертое научное положение** – «Рабочие процессы культиватора и выкопочной машины, защищенные патентами на изобретения и полезные модели, позволяющие повысить качество ухода и выкопки посадочного материала в лесных питомниках». Результаты обоснования положения представлены в подразделах 5.2 ... 5.7 диссертации, в которых экспериментальным путем исследовано влияние: параметров и режимов работы сеялки на агротехнические показатели посева желудей, частоты вращения штифтового высевающего аппарата на норму и равномерность посева ели, конструктивных параметров прикатывающего катка на уплотнение почвы в зоне заделки семян, агротехнических показателей работы культиватора на качество ухода, режимов работы выкопочной машины на качество выкопки посадочного материала.

**Пятое научное положение** – «Математическая модель напряженно-деформированного состояния почвы, позволяющая прогнозировать динамику распределения перемещений, напряжений и деформаций в почве в зависимости от параметров и режимов работы выкопочной машины, а также реологических свойств почвы». Результаты обоснования положения представлены в четвертой главе диссертации в логической последовательности: постановка задачи исследования, рассмотрение реологии почвы с точки зрения особенностей изучаемого процесса, реологическое уравнение и используемые при этом реологические коэффициенты, начальные и граничные условия, метод исследования математической модели, входные расчетные параметры, а также результаты моделирования при движении рабочих органов выкопочной машины. Полученные автором результаты углубляют и уточняют методику расчета и проектирования выкопочных машин, способствуя повышению их эффективности и качества выращиваемого посадочного материала.

**Шестое научное положение** – «Результаты опытно-производственной проверки комплекса новых и усовершенствованных машин и орудий, позволяющие оценить их эффективность и качество работы при выращивании посадочного материала лиственных и хвойных пород». Результаты обоснования положения представлены в шестой (С. 203-214) и седьмой (С. 220-235) главах диссертации, а также в приложениях Б ... Д. Комплекс новых и усовершенствованных машин и орудий для выращивания посадочного материала в зоне

хвойно-широколиственных лесов в составе сеялок СКБ-3-5, СЛН-5А, культиватора ККП-1,5А и выкопчной машины МВ-1,3А прошел как приемочные государственные испытания с рекомендацией к постановке на серийное производство, так и производственную проверку в реальных условиях эксплуатации в лесных питомниках различных регионов Российской Федерации. По своим технико-экономическим показателям все разработанные машины и орудия превосходят соответствующие аналоги, а их применение в зоне хвойно-широколиственных лесов обеспечивает получение высококачественного посадочного материала при меньших трудовых и материальных затратах.

### **3. Достоверность научных положений**

В диссертации автор подтвердил результаты исследования, полученные с использованием современных методов моделирования, сходимостью теоретических и экспериментальных данных, достаточной степенью воспроизводимости полученных результатов и адекватности моделей, использованием современных приборов и научной аппаратуры при проведении экспериментов, необходимым объемом выполненных опытов, а также апробацией полученных результатов исследования в производственных условиях.

### **4. Оценка новизны**

Анализ материалов диссертации и опубликованных работ свидетельствуют о том, что они содержат новую научную информацию и в полной мере соответствуют специальности 05.21.01 – Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства. Научная новизна диссертационного исследования Казакова И.В. не вызывает сомнения и заключается в следующем: обосновании рабочего процесса сеялок для поштучно-равномерного высева крупных семян лиственных пород и равномерно-разреженного высева мелких семян хвойных пород; исследовании технологических показателей желудей дуба черешчатого, с выявлением их специфических параметров; разработке математических моделей и программ для ЭВМ для оптимизации параметров рабочих органов сеялок для высева крупных семян лиственных пород и мелких семян хвойных пород; выборе типа рабочих органов культиватора и выкопчной машины и обосновании параметров и режимов их работы, повышающих качество выполняемых ими технологических операций; составлении математической модели напряженно-деформированного состояния почвы при выкопке посадочного материала с учетом реологических свойств почвы, параметров и режимов работы выкопчной машины; опытно-производственной проверке работы комплекса новых и усовершенствованных машин и орудий для выращивания посадочного материала лиственных и хвойных пород, отличающихся учетом воздействия внешней среды на технологический процесс и их конструктивного исполнения.

Новизна конструкций комплекса машин с положительными результатами их работы подтверждена 8 патентами на изобретения и полезные модели и 7 свидетельствами на программы для ЭВМ и базы данных.

## **5. Оценка содержания и завершенности диссертации**

Диссертационная работа содержит совокупность новых научных результатов и положений, обладает внутренним единством и свидетельствует о значительном личном вкладе ее автора в решение проблемы повышения качества и эффективности выращивания посадочного материала лиственных и хвойных пород в зоне хвойно-широколиственных лесов.

**Во введении** (С. 6-15) подтверждена актуальность диссертационной работы, проведена оценка степени разработанности проблемы, поставлены цель и задачи исследования, отмечена ее теоретическая и практическая значимость, а также проведена опытно-производственная проверка полученных результатов и их внедрение в производство.

**В первой главе** (С. 16-48) на основе обзора и анализа научных работ и литературных источников приведена характеристика лесорастительных условий в зоне хвойно-широколиственных лесов, рассмотрены технологии и технические средства для выращивания посадочного материала в лесных питомниках. Дан обзор конструкций машин для посева крупных и мелких лесных семян, агротехнического ухода за выращиваемым посадочным материалом и его выкопки, в результате которого установлено, что используемые в лесных питомниках сеялки, культиваторы и выкопочные машины не в полной мере отвечают предъявляемым к ним требованиям и необходима разработка новых и модернизация существующих этих средств механизации. На основании проведенного анализа состояния проблемы сформулированы цель и задачи исследования.

**Во второй главе** (С. 49-99) диссертационной работы обоснованы конструктивно-технологические схемы новых и усовершенствованных машин и орудий для механизации работ в лесных питомниках. Получены зависимости для определения параметров и режимов работы сеялок для посева крупных и мелких семян лесных пород, обеспечивающие равномерное распределение семян в посевной бороздке с оптимальной плотностью почвы в зоне их заделки. Предложены выражения для расчета рабочих органов культиватора для агротехнического ухода при выращивании посадочного материала в лесных питомниках. Установлены параметры выкопочной машины, обеспечивающие эффективный процесс разрушения пласта почвы и ее отделение от корневых систем растений.

**В третьей главе** (С. 100-127) диссертационной работы представлены математические модели процесса заделки посевной бороздки почвой, позволяющие с детализацией исследовать его эффективность и предложены про-

граммы для определения оптимальных конструктивных параметров загортача. В результате обоснованы следующие параметры заделывающего устройства: длина направляющих загортача 120 мм при угле их схождения  $25-30^{\circ}$  и диаметре прутков загортача равном 6 мм. На основании проведенных компьютерных исследований разработана оригинальная конструкция загортача, обеспечивающая эффективную заделку семян почвой в посевной бороздке. Кроме того, при решении двухфакторной оптимизации параметров загортача получены картограммы для оценки эффективности работы при различных его конструктивных параметрах.

**В четвертой главе** (С. 128-159) диссертационной работы сформулирована математическая модель напряженно-деформированного состояния почвы при взаимодействии ее с рабочими органами выкопчной машины, учитывающей параметры и режимы работы машины и реологические свойства почвы. Проведен вычислительный эксперимент с использованием предложенной математической модели, который позволил определить влияние на выходные параметры модели компоненты вектора перемещений частиц почвы с учетом конструктивных параметров и реологических факторов. Обоснованы условия применения модели Рамберга-Осгуда при моделировании напряженно-деформированного состояния почвы при взаимодействии с рабочими органами выкопчной машины для интенсивного ее рыхления. Этот вычислительный эксперимент показал высокую эффективность и практическую значимость математической модели при конструировании и разработке выкопчных машин.

**В пятой главе** (С. 160-202) диссертационной работы приведены результаты экспериментальных исследований комплекса новых и усовершенствованных машин и орудий. На основании проведенных исследований уточнены технологические свойства желудей дуба черешчатого, необходимые для выбора типа и обоснования параметров высевающего аппарата сеялки для поштучно-равномерного посева желудей и режимов работы сеялки для посева крупноплодных семян СКБ-3-5. В результате проведенных исследований экспериментального образца сеялки для посева мелких семян хвойных пород СЛН-5А обоснованы параметры и режимы ее работы со штифтовым высевающим аппаратом, обеспечивающие равномерно-разреженный посев семян ели. Для заделки семян в посевной бороздке с требуемой плотностью почвы установлены параметры прикатывающего катка и действующая на него сила. Предложены зависимости для определения плотности почвы в посевной бороздке при посеве мелких и крупных семян и разработана номограмма для определения параметров и режимов работы прикатывающего катка. Определены качественные показатели работы различных рабочих органов культиватора при проведении агротехнического ухода за выращиваемым посадочным материалом и даны рекомендации по эффективному их применению. Для обеспечения необходимой массы почвы на корневой системе сеянцев ели и допустимого усилия на

их извлечение из разрыхленного слоя почвы обоснованы рациональные режимы работы выкопочной машины с активными рабочими органами.

**В шестой главе** (С. 203-219) диссертации представлены результаты разработки и испытаний комплекса новых и усовершенствованных машин и орудий для лесных питомников, который включает сеялку для крупноплодных семян СКБ-3-5, сеялку лесную навесную для посева мелких семян СЛН-5А, культиватор комбинированный для питомников ККП-1,5А и машину выкопочную МВ-1,3А, новизна и оригинальность конструкций которых защищена патентами на изобретения и полезные модели. Отмечено, что этот комплекс машин успешно прошел приемочные испытания на лесной машиноиспытательной станции и рекомендован к постановке на серийное производство. В ОАО «ЦОКБлесхозмаш» было организовано их серийное производство и осуществлена поставка их предприятиям лесного хозяйства.

**В седьмой главе** (С. 220-239) диссертационной работы дана эффективность комплекса новых и усовершенствованных машин и орудий для выращивания посадочного материала в зоне хвойно-широколиственных лесов, который обеспечивает механизацию выращивания сеянцев дуба и укрупненных сеянцев ели в посевном отделении питомника по перспективной технологии без перешколивания и позволяет получить четырехлетние крупномерные сеянцы ели, равноценные пятилетним саженцам, выращенным в школьном отделении питомника, при снижении срока их выращивания на один год и уменьшении материальных затрат в 1,84 раза. При выращивании двухлетних сеянцев дуба с применением новых машин и орудий затраты труда по сравнению с ручным трудом снижаются в 15 раз. В процессе закладки опытных посевов уточнены нормы высева семян ели и желудей, обеспечивающие выход укрупненных четырехлетних сеянцев ели в количестве около 750 тыс. шт./га и двухлетних сеянцев дуба в количестве 500 тыс. шт./га. Это позволяет получить суммарный годовой экономический эффект от внедрения одного разработанного комплекса машин и орудий в размере 766,4 тыс. р., в ценах 2021года.

**В заключении** (С. 272-297) представлены общие выводы и рекомендации по результатам проведенных исследований, которые корректно сформулированы и в полной мере отражают изложенные в диссертации материалы. В заключительном пункте намечены перспективы дальнейших исследований и разработки темы.

## **6. Теоретическая значимость результатов исследования**

Теоретическая значимость результатов исследования, выполненного Казаковым И.В. заключается в: расширении теории расчета и проектирования высевающего аппарата сеялки для посева крупноплодных семян; исследовании рабочего процесса штифтового высевающего аппарата для посева мелких семян хвойных пород; исследовании процесса взаимодействия прика-

тывающего катка с почвой при заделке семян в посевной бороздке; расширении теории расчета рабочих органов культиватора; исследовании процесса разрушения почвенного пласта при выкопке посадочного материала; математическом моделировании процесса заделки посевной бороздки почвой; моделировании напряженно-деформированного состояния почвы при взаимодействии с рабочими органами выкопчной машины.

## **7. Практическая значимость результатов исследования**

Практическая значимость диссертационной работы состоит в получении исходных данных на проектирование и изготовление опытных образцов комплекса новых и усовершенствованных машин и орудий для выращивания посадочного материала в зоне хвойно-широколиственных лесов, разработке математических моделей и программ для ЭВМ, позволивших обосновать рациональные параметры и режимы их работы; разработке оригинальных конструкций комплекса новых и усовершенствованных машин и орудий для выращивания посадочного материала, защищенных патентами на изобретения и полезные модели. Изготовлении, испытании и внедрении в производство сеялки лесной навесной СЛН-5А, сеялки для крупноплодных семян СКБ-3-5, культиватора комбинированного для питомников ККП-1,5А и машины выкопчной МВ-1,3А (приложения В и Г). Организации серийного производства и поставки этих машин и орудий предприятиям лесного хозяйства (приложение Д). Внедрении результатов исследования в учебный процесс ВУЗов соответствующего профиля (приложение Е).

## **8. Соответствие диссертационной работы паспорту научной специальности**

Анализ материалов диссертации, автореферата и опубликованных работ свидетельствуют, что выносимые на защиту результаты диссертационной работы соответствуют следующим пунктам паспорта научной специальности 05.21.01 – Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства: п. 5 «Обоснование и оптимизация параметров и режимов работы лесозаготовительных и лесохозяйственных машин»; п. 2 «Теория и методы воздействия техники и технологий на лесную среду в процессе заготовки древесного сырья и лесовыращивания».

## **9. Полнота изложения результатов диссертационного исследования в работах, опубликованных соискателем**

Автореферат и опубликованные автором работы отражают основные идеи и выводы диссертации. По теме диссертации опубликована 51 научная работа общим объемом 113 усл. печ. л. (доля автора – 37,7 усл. печ. л.), включая 1 монографию, энциклопедию лесного хозяйства, 2 учебника и 1 брошюру, 8 патен-



тов на изобретения и полезные модели, 7 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ и баз данных, 2 статьи в журнале базы данных Scopus, а также 11 статей в периодических научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России. Автором единолично опубликовано 12 статей.

## **10. Соответствие содержания автореферата основным положениям и выводам диссертации**

В автореферате представлены основные положения и выводы диссертационной работы, показаны вклад автора в выполненное исследование, степень новизны, теоретическая и практическая значимость результатов исследования. Автореферат оформлен с хорошим качеством и снабжен достаточным количеством иллюстрационного материала.

## **11. Степень завершенности и качество оформления диссертации**

Диссертация включает все основные научные аспекты, необходимые и достаточные для обоснования параметров комплекса новых и усовершенствованных машин и орудий для выращивания посадочного материала в зоне хвойно-широколиственных лесов и реализации результатов исследования на практике. Диссертация написана грамотным техническим языком, качественно оформлена, результаты исследования достаточно хорошо иллюстрированы рисунками, фотографиями и таблицами.

## **12. Замечания и вопросы по диссертационной работе**

По материалам диссертационной работы имеются следующие замечания и вопросы:

1. При анализе технологий выращивания посадочного материала, следовало бы более подробно рассмотреть и проанализировать технологии, которые применяются лучше за рубежом.

2. Недостаточно полно освещен анализ зарубежных средств механизации для выращивания посадочного материала в питомниках.

3. При математическом моделировании процесса заделки семян в посевной бороздке не учтены почвенные условия (влажность почвы, тип почвы и т.п.).

4. Требуется пояснение положения в постановке задачи на теоретическое исследование, при котором плотность почвы принимается  $1 \text{ г/см}^3$ .

5. Не совсем понятен, применяемый в работе термин «неоднородность плотности почвы» и принимаемый.

6. Не совсем понятно, представление автора о почве, как упругой среды, что характерно для жидкостей, так как фактически почва представляет собой многофазную дисперсную систему.

7. По результатам исследования технологических свойств желудей дуба черешчатого для выбора типа и обоснования параметров высевающего аппарата сеялки для поштучно-равномерного высева семян дуба в лесных питомниках, следовало бы получить математические зависимости технологических свойств семян от их биометрических параметров.

8. Не ясно, в каких условиях проводились экспериментальные исследования, и в какие сроки, так как агросроки проведения полевых работ могут оказать влияние на изучаемые процессы.

9. Для определения эффективности высевающего аппарата сеялки следовало провести предварительную проверку всхожести семян после их прохождения через высевающий аппарат.

10. На фото 6.4 представлены сменные рабочие органы культиватора ККП-1,5А. Не совсем понятно их появление в работе, так как проводилось обоснование только одного типа лап.

11. Не в полной мере проведена оценка качества выращенного посадочного материала с применением комплекса новых машин, следовало бы заложить опытные культуры.

Отмеченные недостатки не снижают общую положительную оценку достигнутых научных и практических результатов.

### **13. Заключение**

Результаты исследования, полученные в ходе выполнения работы являются новыми, научно обоснованными и представляют собой теоретические, технические и технологические решения для механизации работ в питомниках при выращивании качественного посадочного материала лиственных и хвойных пород для лесовосстановления. Их внедрение внесет значительный вклад в развитие лесного хозяйства Российской Федерации.

Опубликованные автором труды и автореферат отражают основные положения диссертации.

Диссертация Казакова Игоря Владимировича является законченным трудом автора, обладает научной новизной и полностью соответствует паспорту научной специальности 05.21.01 – «Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства» по п. 5 «Обоснование и оптимизация параметров и режимов работы лесозаготовительных и лесохозяйственных машин» и п. 2 «Теория и методы воздействия техники и технологий на лесную среду в процессе заготовки древесного сырья и лесовыращивания».

Диссертационное исследование Казакова Игоря Владимировича «Обоснование параметров комплекса новых и усовершенствованных машин и орудий для выращивания посадочного материала в зоне хвойно-широколиственных лесов» отвечает критериям, указанным в параграфе II «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного в но-

вой редакции Постановлением Правительства РФ 24.09.2013 г. № 842, а его автор заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.21.01 - технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства (технические науки).

Официальный оппонент –  
доктор технических наук, профессор,  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Саратовский государственный  
аграрный университет имени Н.И.  
Вавилова», кафедра лесного  
хозяйства и ландшафтного  
строительства, профессор,  
защита диссертации по  
специальности:  
05.21.01 – Технология и машины  
лесозаготовок и лесного хозяйства.  
Телефон: +7 (927) 101-07-40,  
e-mail: feht@mail.ru.

Фокин Сергей Владимирович

Адрес организации:  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Саратовский государственный  
аграрный университет имени Н.И.  
Вавилова»,  
410012, г. Саратов, Театральная пл., 1.  
Телефон: +7(8452)23-32-92,  
e-mail: rector@sgau.ru.

12.07.2022

Подпись Фокина С.В. заверяю:

Начальник отдела кадров ФГБОУ  
ВО Саратовский ГАУ



А.С. Паницков