

УДК 712.413: 574.2

DOI: [10.26102/2310-6018/2020.31.4.035](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2020.31.4.035)

## **Информационная система для дистанционного обучения определению механической устойчивости, аварийности и эколого-биологических особенностей основных видов древесных растений, используемых в озеленении города Донецка**

**В.О. Корниенко<sup>1</sup>, В.Н. Калаев<sup>2</sup>, А.П. Преображенский<sup>3</sup>, И.Я. Львович<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», Донецк

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,  
Воронеж, Российская Федерация

<sup>3</sup>АНОО ВО «Воронежский институт высоких технологий»,  
Воронеж, Российская Федерация

**Резюме:** Разработанная авторами информационная обучающая система содержит наглядный, обобщенный, структурированный материал по механической устойчивости, аварийности и эколого-биологическим особенностям основных видов древесных растений, используемых в озеленении города Донецка: систематическое положение, биология и экология, биогеография, представленность в условиях города Донецка, механическая устойчивость и аварийность, ветроустойчивость, корневая система, критический возраст в условиях города Донецка, наличие спила/керна в ксилотеке Донецкого национального университета, рекомендации для озеленителей, концепции озеленения, публикации, фотографии. Обучающая система позволяет достаточно быстро и на наглядных примерах изучить эколого-биологические особенности видов, используемых в озеленении города Донецка, научиться оценивать общее состояние дерева и использовать эти знания при проведении мониторинговых экологических/дендрологических исследований. Описываемая информационная система обобщает результаты российских и зарубежных исследований эколого-биологических характеристик представленных видов и дополняет их сведениями об особенностях роста, физико-механических свойств древесины, механической устойчивости к динамическим (ветровым) и статическим (оледенение, налипание снега и т.д.) нагрузкам в условиях крупного промышленного города. Информационная система способствует внедрению полученных результатов в образовательный процесс (в качестве методического пособия для студентов и аспирантов биологических вузов), используется в мониторинговых исследованиях состояния окружающей среды и при оценке аварийности древесных растений службами «Зеленстрой», а также сотрудниками городского управления экологии.

**Ключевые слова:** информационная система, механическая устойчивость, аварийность, эколого-биологические особенности видов, древесные растения в городской среде.

**Для цитирования:** Корниенко В.О., Калаев В.Н., Преображенский А.П., Львович И.Я. Информационная система для дистанционного обучения определению механической устойчивости, аварийности и эколого-биологических особенностей основных видов древесных растений, используемых в озеленении города Донецка. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2020;8(4). Доступно по: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=884> DOI: 10.26102/2310-6018/2020.31.4.035

## **Information training system for distance learning of mechanical stability, accident rate and ecological and biological features of the main types of trees plants used in landscaping of the city of Donetsk**

V.O. Kornienko<sup>1</sup>, V.N. Kalaev<sup>2</sup>, A.P. Preobrazhenskiy<sup>3</sup>, I.Y. Lvovich<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Donetsk National University, Donetsk

<sup>2</sup> Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation

<sup>3</sup> Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, Russian Federation

**Abstract:** Informational training system contains visual, generalized, structured material on mechanical stability, accidents and ecological-biological peculiarities of the main types used in landscaping in the city of Donetsk: taxonomic position, biology and ecology, biogeography, representation in the city of Donetsk, the mechanical resistance and the accident rate, wind resistance, root system, different properties of wood, critical age in the city of Donetsk, the presence of the saw cut/core in xiloteca, recommendations for landscapers, landscaping concepts, publications, photographs. The informational training system allows to the researcher to quickly and visually get acquainted with the ecological and biological features of tree species used in gardening in the city of Donetsk, learn how to assess the general condition of the tree and use this knowledge in the future when conducting monitoring environmental and dendrological studies. This information system summarizes the results of russian and international research on the ecological and biological characteristics of the presented species and supplements them with growth characteristics, physical and mechanical properties of wood, mechanical resistance to dynamic (wind) and static (icing, snow sticking, etc.) loads in a large industrial city. The information system contributes to the implementation of the presented results in the educational process (as a methodological guide for students and postgraduates of biological universities), monitoring studies of the state of the environment and assessing the accident rate of woody plants by «Zelenstroy» services, as well as by employees of the city environmental management.

**Keywords:** database, mechanical stability, accident rate, ecological and biological features of species, woody plants in the urban environment.

**For citation:** Kornienko V.O., Kalaev V.N., Preobrazhensky A.P., Lvovich I.Y. Information system for distance learning to determine mechanical stability, accident rate and ecological and biological characteristics of the main types of woody plants used in landscaping the city of Donetsk. *Modeling, optimization and information technology*. 2020;8(4). Available from: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=884> DOI: 10.26102/2310-6018/2020.31.4.035 (In Russ).

## Введение

В последние годы проблема механической устойчивости древесных растений в городской среде вызывает все больший интерес [1, 2, 3, 4]. Устойчивость насаждений и отдельно растущих древесных растений в значительной степени определяет их долговечность и полноту выполнения экологических, природоохранных, эстетических и других функций. Наиболее важной причиной механического повреждения насаждений являются сильные ветры, которые наносят не только существенный экологический и экономический урон, но и угрожают жизни и здоровью населения [5, 6, 7].

Принципы биомеханики используются при расчёте критических нагрузок на скелетные ветви или ствол дерева. Устойчивость растений зависит от морфологии и архитектоники кроны и корневой системы, биомеханических свойств тканей, наличия и степени повреждения их вредителями, плотности древостоя, направления нагрузки, влажности древесины (МС, %), возраста, условий произрастания, а также от места произрастания [8].

Ветростойкость здорового растения на глубоких почвах зависит главным образом от эколого-биологических характеристик вида в условиях региона. Так от морфологических характеристик кроны и механических параметров древесины зависят динамические свойства дерева, частота и коэффициент затухания его колебаний. Из биомеханических параметров существенное значение для механической устойчивости имеет продольный модуль упругости тканей ствола.

До настоящего времени информационной системы по древесным растениям, произрастающим в условиях Юга Восточно-Европейской равнины (Донецкий край), не существовало. В связи с этим нами была разработана информационная система «Механическая устойчивость, аварийность и экология основных видов-озеленителей города Донецка» (рег. номер: 2020620885) [9], которая используется в Донецком национальном университете (г. Донецк) при чтении курсов "Экологическая биофизика" и "Современные проблемы биологии". Она имеет обучающий характер и позволяет исследователю достаточно быстро и наглядно изучить эколого-биологические особенности видов, используемых в озеленении города Донецка, научиться оценивать общее состояние дерева и использовать эти знания при проведении мониторинговых экологических/дендрологических исследований.

**Целью работы** явился анализ применения разработанной нами информационной системы для дистанционного обучения определению механической устойчивости, аварийности и эколого-биологических особенностей основных видов древесных растений, используемых в озеленении города Донецка, в учебном процессе, научно-исследовательской и природоохранной деятельности на примере Донецкого национального университета и экологических служб г. Донецка.

### Материалы и методы

Для написания информационной системы был использован язык и среда Microsoft Visual Studio на платформе Windows 7.

## База данных



Рисунок 1 – Вводная страница базы данных по механической устойчивости, аварийности и экологии основных видов-озеленителей города Донецка

Figure 1 – Title page of the database on mechanical stability, accident rate and ecology of the main types of trees used in landscaping the city of Donetsk

Информационная система состоит из 20 вкладок меню: «Виды древесных», «Acer negundo L.», «Acer platanoides L.», «Acer pseudoplatanus L.», «Acer saccharinum L.», «Aesculus hippocastanum L.», «Betula pendula Roth», «Fraxinus pennsylvanica Marsh.», «Fraxinus excelsior L.», «Robinia pseudoacacia L.», «Gleditsia triacanthos L.», «Morus alba L.», «Populus bolleana Lauche», «Populus simonii Carrière», «Populus nigra L.», «Quercus robur L.», «Quercus rubra L.», «Tilia cordata Mill.», «Ulmus laevis Pall.», «Авторы» (рис. 1).

Во вкладке «Виды древесных» содержится предисловие, в котором говорится, что в информационной системе обобщены результаты исследования устойчивости основных видов, используемых в озеленении города Донецка, к действию механических факторов природного и антропогенного происхождения. Весь материал для каждого вида растений, разделен на 12 подразделов: «систематическое положение»; «биология и экология»; «биогеография»; «представленность в условиях города Донецка»; «механическая устойчивость и аварийность»; «ветроустойчивость»; «корневая система»; «разное»; «критический возраст в условиях города Донецка»; «наличие спила/керна в ксилотеке»; «рекомендации для озеленителей»; «концепции озеленения»; «публикации»; «фотография» (Рисунок 2).

## База данных

### Механическая устойчивость, аварийность и экология основных видов-озеленителей города Донецка

Виды древесных	<h2>Виды растений</h2>
<i>Acer negundo L.</i>	<p>В настоящем базе данных обобщены результаты исследования устойчивости основных видов озеленителей города Донецка к действию механических факторов природного и антропогенного происхождения. Весь материал, для каждого вида древесного растения, разделен на 12 разделов.</p> <p>В разделе «Биология и экология» дается краткое описание вида с особенностями произрастания в городе Донецке. Естественный ареал распространения растения описан в «Биогеография». Представленность в условиях города Донецка приводится согласно собственным экспериментальным данным, собранным в период с 2014 по 2019 год. В разделе «Механическая устойчивость и аварийность» приводятся экспериментальные данные по физико-механическим свойствам живой древесины, а также степень аварийности растений в условиях города Донецка. Сведения об устойчивости древесных растений даются в разделах «Ветроустойчивость», «Корневая система» и «Разное». «Критический возраст в условиях города Донецка» приведен для каждого вида и основываются на собственных исследованиях. В разделе «Наличие спила/керна в ксилотеке» указывается, имеются ли в коллекционном фонде образцы, собранные автором В.О. Корниенко.</p> <p>В разделах «Рекомендации для озеленителей» и «Концепции озеленения» описаны основные мероприятия по содержанию и уходу за деревьями в городских зелёных насаждениях для поддержания их общей и механической устойчивости, а также даны рекомендации по озеленению для каждого вида и типы насаждений которые можно использовать. Публикации авторов приводятся в разделе «Публикации».</p>
<i>Acer platanoides L.</i>	
<i>Acer pseudoplatanus L.</i>	
<i>Acer saccharinum L.</i>	
<i>Aesculus hippocastanum L.</i>	
<i>Betula pendula Roth</i>	
<i>Fraxinus pennsylvanica Marsh.</i>	
<i>Fraxinus excelsior L.</i>	
<i>Robinia pseudoacacia L.</i>	
<i>Gleditsia triacanthos L.</i>	
<i>Morus alba L.</i>	
<i>Populus bolleana Lauche</i>	
<i>Populus simonii Carrière</i>	

Рисунок 2 – Пункт «Виды древесных»  
Figure 2 – Item «Tree species»

В разделе «Биология и экология», например, для клена ясенелистного, дано краткое описание вида с особенностями произрастания в городе Донецке.

Виды древесных

*Acer negundo L.*

*Acer platanoides L.*

*Acer pseudoplatanus L.*

*Acer saccharinum L.*

*Aesculus hippocastanum L.*

*Betula pendula Roth*

*Fraxinus pennsylvanica Marsh.*

*Fraxinus excelsior L.*

*Robinia pseudoacacia L.*

*Gleditsia triacanthos L.*

*Morus alba L.*

*Populus bolleana Lauche*

*Populus simonii Carrière*

## ACER NEGUNDO L.

### Клён ясенелистный, клён американский

Систематическое положение:

Отдел:	Magnoliophyta
Класс:	Magnoliopsida
Порядок:	Sapindales
Семейство:	Aceraceae
Род:	Acer
Вид:	negundo L.

**Биология и экология:**

В естественном ареале в высоту достигает 20 м. Крона широкая, раскидистая. Вид характеризуется быстрыми темпами роста, зимо- и засухоустойчивостью, высокой семенной продуктивностью и всхожестью семян, но ранним старением. Широко использовался при формировании полезащитных лесополос и в городском озеленении как в Северной Америке, так и Европе. В настоящее время этот вид расценивается как инвазийный, а в практике зелёного строительства используются его декоративные культивары, например, с красной осенней окраской листьев или с пёстрыми листьями. Поскольку растение двудомное, для предотвращения нежелательного распространения семян возможно использование мужских особей.

Рисунок 3 – Подраздел «Биология и экология»  
 Figure 3 – Subsection «Biology and ecology»

В подразделе «Биогеография» указан естественный ареал распространения растения. Представленность в условиях города Донецка приведена согласно собственным экспериментальным данным, собранным в период с 2014 по 2019 год (Рисунок 4).

## База данных

Механическая устойчивость, аварийность и экология основных видов-озеленителей города Донецка

Виды древесных

*Acer negundo L.*

*Acer platanoides L.*

*Acer pseudoplatanus L.*

*Acer saccharinum L.*

*Aesculus hippocastanum L.*

*Betula pendula Roth*

*Fraxinus pennsylvanica Marsh.*

*Fraxinus excelsior L.*

*Robinia pseudoacacia L.*

*Gleditsia triacanthos L.*

*Morus alba L.*

*Populus bolleana Lauche*

*Populus simonii Carrière*

*Populus nigra L.*

### ACER PLATANOIDES L.

Клён остролистный

Систематическое положение:

Отдел:	Magnoliophyta
Класс:	Magnoliopsida
Порядок:	Sapindales
Семейство:	Aceraceae
Род:	Acer
Вид:	platanoides L.

**Биогеография:**

Широко распространенный в Европе и юго-западной Азии вид. Произ-растает в лиственных и смешанных лесах, один из эдификаторов широколист-венных лесов.

**Представленность в условиях города Донецка:**

Клён остролистный один из основных видов-озеленителей Донбасса. В насаждениях современного Донецка он составляет около 15% от всех видов древесных растений. В основном это деревья среднего возраста (40-45 лет) с баллом жизнеспособности по Савельевой 5-6, однако очень много и молодых растений 5-10 летних на центральных улицах с высоким баллом жизнеспособности 7-8 (ул. Артема, ул. Университетская).

Рисунок 4 – Подразделы «Биогеография» и «Представленность в условиях города Донецка»  
 Figure 4 – Subsections «Biogeography» and «Representation in the conditions of the city of Donetsk»

В подразделе «Механическая устойчивость и аварийность» приведены экспериментальные данные по физико-механическим свойствам живой древесины, а также степень аварийности растений в условиях города Донецка. Данные по плотности и модулю упругости тканей растений можно использовать при оценке механической устойчивости деревьев в условиях как городской среды, так и в условиях относительного контроля (Рисунок 5).

«Критический возраст в условиях города Донецка» приведен для каждого вида и основывается на результатах собственных исследований (Рисунок 5). Критический возраст – это показатель, при достижении которого дерево теряет свою декоративность, механическую устойчивость и становится аварийным. При действии статических и динамических нагрузок такое растение может быть подвержено облому как скелетных ветвей, так и ствола в целом. Сведения об устойчивости древесных растений представлены в разделах «Ветроустойчивость» и «Корневая система».

В подразделе «Разное» указана устойчивость выбранного вида древесных растений к антропогенным нагрузкам различной природы.



Виды древесных

*Acer negundo L.*

*Acer platanoides L.*

*Acer pseudoplatanus L.*

*Acer saccharinum L.*

*Aesculus hippocastanum L.*

*Betula pendula Roth*

*Fraxinus pennsylvanica Marsh.*

*Fraxinus excelsior L.*

*Robinia pseudoacacia L.*

*Gleditsia triacanthos L.*

*Morus alba L.*

*Populus bolleana Lauche*

*Populus simonii Carrière*

*Populus nigra L.*

*Quercus robur L.*

*Quercus rubra L.*

*Tilia cordata Mill.*

*Ulmus laevis Pall.*

Авторы

## Fraxinus excelsior L.

Ясень обыкновенный, ясень высокий

**Систематическое положение:**

Отдел:	Magnoliophyta
Класс:	Magnoliopsida
Порядок:	Oleales
Семейство:	Oleaceae
Род:	Fraxinus
Вид:	excelsior L.

**Механическая устойчивость и аварийность:**

Плотность тканей составляет 789 кг/м<sup>3</sup>. Модуль упругости в условиях антропогенной нагрузки города составляет 2,24±0,34 ГН/м<sup>2</sup>, а в условиях Донецкого ботанического сада (дендрарий) – 1,8±0,22 ГН/м<sup>2</sup>.

Считается ветроустойчивым. К старости достигает внушительных размеров, в нижней части ствола могут образовываться дупла, полости, вследствие поражения паразитическими грибами. Такие повреждения снижают механическую устойчивость старых деревьев. Мероприятия по укреплению: заделка дупел, наложение крепёжных конструкций на ствол, в крайних случаях посадка на пенёк.

**Ветроустойчивость:**

Ветроустойчивое.

**Корневая система:**

Глубокая, широкая, простирающаяся, центральный корень.

**Разное:**

Солеустойчивое, устойчиво к загрязнению воздуха.

**Критический возраст в условиях города Донецка:**

50 лет.

Рисунок 5 – Подразделы «Механическая устойчивость и аварийность», «Ветроустойчивость», «Корневая система», «Разное» и «Критический возраст в условиях города Донецка»  
Figure 5 – Subsections «Mechanical stability and accident rate», «Wind resistance», «Root system», «Different properties of wood» and «Critical age in the city of Donetsk»

В разделе «Наличие спила/керна в ксилотеке» указано, имеются ли в коллекционном фонде образцы, собранные в условиях города Донецка. В общем ксилотека представлена образцами древесины большинства естественно произрастающих в Донецке древесных пород и рядом интродуцированных древесных пород. В ксилотеке находятся спилы, керны древесных растений, а также элементы коры, побегов и текстур (Рисунок б).

Основными функциями ксилотеки являются:

- создание коллекции контрольных образцов древесин для сравнительной диагностики породы неизвестных образцов;
- изучение строения и свойств древесины редких и интродуцированных видов;
- использование коллекций в образовательных программах и научных проектах.



Рисунок 6 – Спил (А), кора (Б) и kern (В) *Fraxinus pennsylvanica* Marshall  
Figure 6 – Cut (A), bark (B) and core (C) of *Fraxinus pennsylvanica* Marshall

В подразделах «Рекомендации для озеленителей» и «Концепции озеленения» описаны основные мероприятия по содержанию и уходу за деревьями в городских зелёных насаждениях для поддержания их общей и механической устойчивости, а также даны рекомендации по озеленению для каждого вида и типа насаждений, которые можно использовать (Рисунок 7). В информационной системе использована следующая терминология для рекомендаций по концепции озеленения территорий: 1. Food Forest – результат создания устойчивой экосистемы, биоценоза, состоящего из полезных для жизни человека растений; 2. Злаковые насаждения в стиле прерий – результат сочетания разнообразных декоративных злаков (занимают около 70% от всех видов) и всевозможных цветущих многолетников, не требующих ухода, с древесными растениями; 3. Экологическое озеленение – работы, направленные на улучшение экологического состояния окружающей среды и благоустройство территории путем озеленения её определенными древесными растениями; 4. Ландшафтные насаждения – конкретные территории, на которых одним из основных элементов должны быть зеленые насаждения. С учетом климата определяют пространственную структуру и характерный облик каждого объекта. Тип насаждений часто определяется их функциональной задачей; 5. Теневыносливые насаждения – растения, толерантные к затенению, произрастающие преимущественно в тенистых местообитаниях. 6. Климатические насаждения – зеленые насаждения, различного типа посадки, обладающие



значительными возможностями изменять и облагораживать климат, придавать окружающей среде комфортные и высокие санитарно-гигиенические свойства.

Публикации авторов приводятся в разделе «Публикации» (Рисунок 7).

## База данных

### Механическая устойчивость, аварийность и экология основных видов-озеленителей города Донецка

# Fraxinus excelsior L.

Ясень обыкновенный, ясень высокий

### Рекомендации для озеленителей:

Порода пригодна для использования в первых рядах придорожных насаждений, а также для обрезки по типу поллярдинга.

Применяется в аллейных посадках, в группах может использоваться как орнаментальное дерево; используется в формировании лесомелиоративных насаждений вместе с другими видами.

### Концепции озеленения:

Экологическое озеленение, ландшафтные насаждения.

### Публикации:

1. Корниенко В.О., Калаев В.Н. Механическая устойчивость древесных пород и рекомендации по предотвращению их аварийности в городских насаждениях: монография / В.О. Корниенко, В.Н. Калаев. – Воронеж: Роза Ветров. – 2018. – 92 с.
2. Корниенко В.О. Влияние температуры на биомеханические свойства древесных растений в условиях закрытого и открытого грунта / В.О. Корниенко, В.Н. Калаев, А. О. Елизаров // Сибирский лесной журнал. – 2018. – №6 – С. 91-102.

Рисунок 7 – Подразделы «Рекомендации для озеленителей», «Концепции озеленения» и «Публикации»

Figure 7 – Subsections «Recommendations for gardeners», «Gardening Concepts» and «Publications»

### Результаты исследований

**Реализация информационной системы в образовательной среде.** Материалы по информационной системе внедрены в учебный процесс и используются при освоении темы «основы биомеханики растений» и проведении модульного контроля по дисциплине «Экологическая биофизика» (Рисунок 1), реализуемой на базе ГУ «Донецкий национальный университет», кафедрой биофизики, для студентов направления подготовки 05.03.06 Экология и природопользование и 06.04.01 Биология (профиль биофизика).

### Тематический план

Содержательный модуль 1												
Названия содержательных модулей и тем	Количество часов											
	Очная форма обучения					Заочная форма обучения						
	всего	в т.ч.					всего	в т.ч.				
		лекции	практические	лабораторные	самостоятель- ная работа	индивидуаль- ная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятель- ная работа	индивидуаль- ная работа
<b>Тема 1.</b> Математические модели в экологии.	19	6		3	10							
<b>Тема 2.</b> Вибрационная экология.	23	10		5	8							
<b>Тема 3.</b> Введение в дендрохронологию.	23	10		5	8							
<b>Тема 4.</b> Основы биомеханики растений.	23	10		5	8							
<b>Тема 5.</b> Основы радиоэкологии.	23	10		5	8							
<b>Итого</b> <i>по содержательному модулю 1</i>	<b>108</b>	<b>46</b>		<b>23</b>	<b>42</b>							

Рисунок 1 – Пример тематического плана рабочей программы по дисциплине «Экологическая биофизика» по направлению подготовки 05.03.06 Экология и природопользование

Figure 1 – Example of the thematic plan of the work program for the discipline "Environmental Biophysics" in the direction of training 05.03.06 Ecology and nature management

Занятия проходят в лаборатории информационных технологий, поэтому реализация информационной системы возможна как при чтении лекций и проведении лабораторных работ в компьютерном классе, так и в дистанционном режиме в рамках самостоятельной работы студента (СРС).

*Пример использования информационной системы в образовании.* При проведении лабораторной работы «Методика определения модуля упругости древесных тканей», студентам выдаются образцы древесины основных видов растений, представленных в зеленых насаждениях города Донецка. Обучающиеся должны определить модуль упругости и плотность каждого образца и провести идентификацию вида дерева, по значениям модуля упругости и плотности древесины приведенных в информационной системе. Тем самым реализуется освоение методики определения физико-механических свойств древесины и теоретический материал дисциплины. При проведении лабораторной работы «Формирование древесных насаждений вдоль трасс с целью создания устойчивых насаждений», студенты используют данные из информационной системы, по механической устойчивости и эколого-биологическим особенностям каждого приведенного вида. Обучающиеся должны распланировать озеленение конкретной территории (например, квартал по ул. Артема) с учетом: механической

устойчивости и аварийности вида, ветроустойчивости, концепций озеленения, критического возраста и экологических особенностей видов древесных растений в условиях антропогенного загрязнения.

Модульный контроль по теме «основы биомеханики растений» проходит в виде тестирования. Материалы для тестов взяты из информационной системы. Пример вопросов для тестирования приведен на рисунке (Рисунок 2).

**Модульный контроль  
по теме: «основы биомеханики растений»  
Вопросы:**

1. К какому роду принадлежит клен ясенелистный?
  - а) *Acer* L.;
  - б) *Betula* L.;
  - в) *Populus* L.;
  - г) нет правильного ответа.
2. Каково происхождение *Acer platanoides* L.?
  - а) Северная Америка;
  - б) Южная Америка;
  - в) Европа и Юго-Западная Азия;
  - г) нет правильного ответа.
3. Каковы физико-механические свойства древесины *Aesculus hippocastanum* L. в условиях юго-востока степной зоны?
  - а) древесина каштана конского обыкновенного низкой плотности (<540 кг/м<sup>3</sup>);
  - б) древесина каштана конского обыкновенного средней плотности (540-740 кг/м<sup>3</sup>);
  - в) древесина каштана конского обыкновенного высокой плотности (>740 кг/м<sup>3</sup>);
  - г) нет правильного ответа.
5. Выберите правильные утверждения:
  - а) чередование положительных и отрицательных температур, в зимний период положительно сказываются на механической устойчивости берёзы повислой;
  - б) механические показатели древесины берёзы повислой довольно высокие, но на неглубоких лёгких почвах деревья становятся неустойчивыми к действию ветра и подвержены ветровалам;

Рисунок 2 – Пример вопросов из информационной системы для проведения модульного контроля по теме основы биомеханики растений по дисциплине «Экологическая биофизика» для студентов направления подготовки 06.04.01 Биология (профиль биофизика)

Figure 2 – Example of tests from the information system for conducting modular control on the topic fundamentals of plant biomechanics in the discipline "Environmental Biophysics" for students of the training direction 06.04.01 Biology (profile Biophysics)

**Реализация информационной системы в научной среде.** Материалы информационной системы могут быть использованы сотрудниками: ГУ «Донецкий ботанический сад», Государственным комитетом по экологической политике и природным ресурсам, КП Зеленого строительства, студентами различных направлений подготовки при проведении мониторинговых и дендроиндикационных исследований состояния окружающей среды, для реализации хоздоговорных тем по экологии,

дендрологических исследований (оценке аварийности деревьев), при планировании мероприятий по озеленению территорий промышленных городов юго-востока степной зоны.

*Пример использования информационной системы в научной среде.* Информационная система будет полезна в случае:

– идентификации древесных видов при проведении исследований в полевых условиях, т.к. она может использоваться офлайн;

– оценки механической устойчивости и аварийности древесных растений. Для расчета параметров механической устойчивости ( $EI$ ,  $RRB$ ,  $H_{cr}$ ,  $P_{cr}$ ,  $m_{cr}$ ) необходимо знать значение модуля упругости древесины и плотности, с учетом условий произрастания. Так, например, модуль упругости на территории с высокой антропогенной нагрузкой для *Betula pendula* Roth равен  $5,03 \pm 0,77$  ГН/м<sup>2</sup>, а на контрольных территориях –  $4,30 \pm 0,46$  ГН/м<sup>2</sup>. При такой, казалось бы, незначительной детали, разница в расчете критической массы на ствол дерева составляет – 15%. Например у растения березы повислой при морфологических параметрах ствола  $d=0,1$  м,  $H=15$  м, разница  $m_{cr}$  составляет 128 кг, такая нагрузка может оказаться критической.

– проведения мероприятий по комиссионным обследованиям зеленых насаждений, необходимо знать критический возраст деревьев, используемых городских посадках, а также даны рекомендации по обрезке и поддержанию целостности растения в условиях влияния природно-климатических факторов. Эта информация должна учитываться сотрудниками Государственного комитета по экологической политике и природным ресурсам, а также КП Зеленого строительства.

– планирования мероприятий с целью озеленения территорий с различной степенью антропогенного загрязнения. Должны обязательно учитываться не только эколого-биологические особенности вида, которые также приводятся в информационной среде, но и механическая устойчивость и аварийность вида в условиях юго-востока степной зоны.

### Заключение

Данная обучающая информационная система обобщает результаты российских и зарубежных исследований по эколого-биологическим характеристикам представленных видов и дополняет их сведениями об особенностях роста, физико-механических свойств живой древесины, механической устойчивости к динамическим (ветровым) и статическим (оледенение, налипание снега и т.д.) нагрузкам в условиях крупного промышленного города. Информационная система способствует внедрению представленных сведений в образовательный процесс (в качестве методического пособия для студентов и аспирантов биологических вузов), используется в научно-исследовательской деятельности при мониторинговых исследованиях состояния окружающей среды и при оценке аварийности древесных растений службами «Зеленостроя», а также сотрудниками городского управления экологией.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Niklas K. J., Spatz H.-C. Worldwide correlations of mechanical properties and green wood density. *American Journal of Botany*. 2010;97(10):1587–1594. DOI:10.3732/ajb.1000150
2. Корниенко В. 0000-0002-3176-499XО., Калаев В.Н., Елизаров А.О. Влияние температуры на биомеханические свойства древесных растений в условиях закрытого и открытого грунта. *Сибирский лесной журнал*. 2018;6:91–102. DOI: 10.15372/SJFS20180608

3. Dahle G.A., James K.R., Kane B., Grabosky J.C., Detter A.A review of factors that affect the static loadbearing capacity of urban trees. *Arboriculture & Urban Forestry*. 2017; 43(3): 89–106
4. James K.R., Dahle G.A., Grabosky J.C., Kane B., Detter A. Tree biomechanics literature review: dynamics. *Arboriculture & Urban Forestry*. 2014;40(1): 1–15.
5. Корниенко В.О., Нецветов М.В. Влияние отрицательных температур на механическую устойчивость дуба красного (*Quercus Rubra* L.). *Промышленная ботаника*. 2013;13:180–186.
6. Klein R.W., Koeser A.K., Kane B., Landry S. M., Shields H., Lloyd S., Hansen G. Evaluating the Likelihood of Tree Failure in Naples, Florida (United States) Following Hurricane Irma. *Forests*. 2020;11(485):1-10. DOI: 10.3390/f11050485
7. Fahey R.T., Atkins J. W., Campbell J.L., Rustad L.E., Duffy M., Driscoll Ch.T., Fahey T.J., Schaberg P.G. Effects of an experimental ice storm on forest canopy structure. *Canadian Journal of Forest Research*. 2020;50(2):136–145. DOI: 10.1139/cjfr-2019-0276
8. Корниенко В.О., Калаев В.Н. *Механическая устойчивость древесных пород и рекомендации по предотвращению их аварийности в городских насаждениях*. Воронеж: Роза Ветров; 2018.
9. Корниенко В.О., Калаев В.Н., Преображенский А.П., Львович И.Я., Чопоров О.Н. *Свидетельство РФ о государственной регистрации базы данных № 2020620885. Информационная обучающая система по механической устойчивости, аварийности и экологии основных видов-озеленителей города Донецка*. – Заявка № 2020620885 от 08.06.2020. – Регистрация 30.06.2020 г.

## REFERENCES

1. Niklas K. J., Spatz H.-C. Worldwide correlations of mechanical properties and green wood density. *American Journal of Botany*. 2010;97(10):1587–1594. DOI:10.3732/ajb.1000150
2. Kornienko V.O., Kalaev V.N., Elizarov A.O. The influence of temperature on biomechanical properties of woody plants in the conditions of protected and open grounds. *Sibirskij Lesnoj Zurnal (Sib. J. For. Sci.)*. 2018;6:91–102. DOI: 10.15372/SJFS20180608
3. Dahle G.A., James K.R., Kane B., Grabosky J.C., Detter A.A. review of factors that affect the static loadbearing capacity of urban trees. *Arboriculture & Urban Forestry*. 2017;43(3):89–106.
4. James K.R., Dahle G.A., Grabosky J.C., Kane B., Detter A. Tree biomechanics literature review: dynamics. *Arboriculture & Urban Forestry*. 2014;40(1):1–15.
5. Kornienko V.O., Netsvetov M.V. Vliyanie otritsatel'nykh temperatur na mekhanicheskuyu ustoichivost' duba krasnogo (*Quercus rubra* L.). *Promyshlennaya botanika*. 2013; 13: 180–186.
6. Klein R.W., Koeser A.K., Kane B., Landry S.M., Shields H., Lloyd S., Hansen G. Evaluating the Likelihood of Tree Failure in Naples, Florida (United States) Following Hurricane Irma. *Forests*. 2020;11(485):1-10. DOI: 10.3390/f11050485
7. Fahey R.T., Atkins J.W., Campbell J.L., Rustad L.E., Duffy M., Driscoll Ch.T., Fahey T.J., Schaberg P. G. Effects of an experimental ice storm on forest canopy structure. *Canadian Journal of Forest Research*. 2020; 50(2): 136–145. DOI: 10.1139/cjfr-2019-0276
8. Kornienko V.O., Kalaev V.N. *Mekhanicheskaya ustoichivost' drevesnykh porod i rekomendatsii po predotvrashcheniyu ikh avariinosti v gorodskikh nasazhdeniyakh*. Voronezh: Roza Vetrov; 2018.
9. Kornienko V.O., Kalaev V.N., Preobrazhenskii A.P., L'vovich I.Ya., Choporov O.N. *Svidetel'stvo RF o gosudarstvennoi registratsii bazy dannykh № 2020620885*.



*Informatsionnaya obuchayushchaya sistema po mekhanicheskoi ustoichivosti, avariinosti i ekologii osnovnykh vidov-ozelenitelei goroda Donetska. – Zayavka № 2020620885 ot 08.06.2020. – Registratsiya 30.06.2020 g.*

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Корниенко Владимир Олегович**, старший преподаватель кафедры биофизики, ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», Донецк.

*e-mail:* [kornienkovo@mail.ru](mailto:kornienkovo@mail.ru)  
ORCID: [0000-0002-7728-8116](https://orcid.org/0000-0002-7728-8116)

**Vladimir O. Kornienko**, Senior lecturer of Biophysics Department, Donetsk National University, Donetsk.

**Калаев Владислав Николаевич**, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры генетики, цитологии и биоинженерии медико-биологического факультета, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Российская Федерация.

*e-mail:* [dr\\_huixs@mail.ru](mailto:dr_huixs@mail.ru)  
ORCID: [0000-0003-3986-2460](https://orcid.org/0000-0003-3986-2460)

**Vladislav N. Kalaev**, Dr. Sci. (Biology), Full Professor, Professor of genetics, cytology and bioengineering Department, faculty of medicine and biology, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation.

**Преображенский Андрей Петрович**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информационных систем и технологий, АНОО ВО «Воронежский институт высоких технологий», Воронеж, Российская Федерация.

*e-mail:* [app@vvt.ru](mailto:app@vvt.ru)  
ORCID: [0000-0002-6911-8053](https://orcid.org/0000-0002-6911-8053)

**Andrey P. Preobrazhenskiy**, Dr. Sci.(Tech). (Phys&Math.), Ass. Professor., Professor of Department of information systems and technologies, Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, Russian Federation.

**Львович Игорь Яковлевич**, доктор технических наук, профессор, Ректор АНОО ВО «Воронежский институт высоких технологий», Воронеж, Российская Федерация.

*e-mail:* [office@vvt.ru](mailto:office@vvt.ru)  
ORCID: [0000-0003-4236-6863](https://orcid.org/0000-0003-4236-6863)

**Igor Y. Lvovich**, Dr. Sci.(Tech), Professor, Rector, Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, Russian Federation.