

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Товарянського Володимира Ігоровича

за темою «ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ В МОЛОДИХ СОСНОВИХ ЛІСАХ УКРАЇНИ», яку подано до захисту в спеціалізовану вчену раду К 35.874.01 у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності ДСНС України на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека

Дисертаційна робота складається з титульного аркуша, анотації, змісту, переліку умовних скорочень, вступу, 5-ти розділів, висновків, списку використаних джерел із 146 найменувань на 13 сторінках; 4 додатків на 20 сторінках. Основна частина дисертації займає 125 сторінок та містить 65 рисунків і 35 таблиць. Загальний обсяг роботи – 180 сторінка.

Актуальність теми дисертаційної роботи. Основну увагу в дослідженнях лісових пожеж приділено фізико-хімічним властивостям дерев та їх компонентів, параметрам займання, які впливають на опад та підстилку, самозайманню, горінню елементів дерева; процесам поширення полум'я лісовою підстилкою та кронами дерев; впливам на пожежну небезпеку різноманітних природних та антропогенних факторів, таких як рельєф місцевості, кліматично-погодні умови та людська діяльність тощо. Проте в таких роботах не достатньо було висвітлено питання процесів формування пожежної небезпеки соснових молодняків лісового фонду України, а також впливу чинників на процеси виникнення та поширення в них пожеж.

Розкриття особливостей впливу чинників на пожежну небезпеку соснових молодняків лісового фонду України є важливим науковим завданням, розв'язання якого створить передумови підвищення ефективності забезпечення пожежної безпеки в молодих соснових лісах України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Робота виконувалась відповідно до Концепції Державної цільової соціальної програми забезпечення пожежної безпеки на 2012–2015 р.р., схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 29.12.2010 року № 2348; Державної цільової соціальної програми забезпечення пожежної безпеки на 2012–2015 р.р., затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 27.06.2012 № 590 під час виконання науково-дослідної роботи у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності за держбюджетною темою «Пожежна небезпека соснових насаджень у молодому віці» (номер державної реєстрації 0114U005417), у якій дисертант був виконавцем.

Аналіз основного змісту дисертаційної роботи

У вступі наведена актуальність теми дисертації, показаний її зв'язок із державними науковими програмами, висвітлено ідею, мету, завдання досліджень, об'єкт, предмет та методи досліджень, наукова новизна та практичне значення одержаних результатів, приведені дані щодо апробації результатів дисертаційних досліджень.

У першому розділі дисертаційної роботи наведено результати аналізу даних про статистику лісових пожеж, зокрема молодих соснових насаджень у світі та Україні, особливості виникнення і поширення горіння у середовищі соснових насаджень, моделювання лісових пожеж, системи забезпечення пожежної безпеки соснових насаджень лісового фонду України. На основі наукових праць вітчизняних та зарубіжних вчених, аналізу сучасного стану лісових насаджень та їх пожежної небезпеки встановлено, що поширені в Україні насадження сосни звичайної у молодому віці є більш пожежонебезпечними, ніж старшого віку, а також порівняно з молодими насадженнями інших порід дерев. Розділ закінчується висвітленням ідеї роботи, мети і задач досліджень.

У другому розділі наведено методологію, а також методи і методики теоретичних та експериментальних досліджень з розкриття особливостей впливу чинників на пожежну небезпеку молодих соснових насаджень лісового фонду України, зокрема: метод визначення вологості хвої соснових насаджень у лабораторних та польових умовах; методику визначення масового вмісту органічної рідини – продукту піролізу хвої соснових насаджень, методику визначення масової швидкості вигорання хвої соснових насаджень; методику визначення температури та проміжку часу до займання хвої соснових насаджень у лабораторних умовах від полуменевого джерела; методику визначення лінійної швидкості поширення горіння підстилки соснових молодняків за умовами погоди; методику визначення лінійної швидкості поширення пожежі молодих соснових насаджень у польових умовах; методику визначення лінійної швидкості поширення пожежі молодих соснових насаджень з використанням комп'ютерного моделювання.

У третьому розділі проведено експериментальні дослідження з виявлення впливу чинників на показники пожежної небезпеки хвої ділянок молодих соснових насаджень. Встановлено, що вік насаджень впливає на вміст складової органічної рідини у хвої соснових насаджень. Значення вмісту складової органічної рідини у свіжозірваній хвої соснових насаджень віком до 10 років перевищує майже в 2 рази цей показник для опалої хвої. Значення вмісту складової органічної рідини у свіжозірваній хвої соснових насаджень віком понад 20 років аналогічно перевищує вдвічі цей показник для опалої хвої. Для досліджених зразків хвої молодих соснових насаджень вміст в них органічної горючої рідини, як одного з чинників впливу на пожежну небезпеку соснових насаджень, зменшується в ряду: свіжозірвана віком до 10 років – свіжозірвана віком понад 20 років – опала віком до 10 років та понад 20 років. За результатами експериментальних досліджень з

визначення впливу вологості хвої соснових насаджень на масову швидкість її вигорання встановлено, що масова швидкість вигорання хвої соснових насаджень залежить від її вологості, зокрема найбільша швидкість вигорання притаманна висушеній хвої, дещо менша – опалій у складі підстилки, а найменша – свіжозірваній. Експериментальними дослідженнями з виявлення впливу вологості хвої соснових насаджень на її температуру займання та проміжок часу до займання виявлено, що зменшення значень температури займання та тривалості часу до займання зумовлені зниженням вологості хвої внаслідок висушування. Висушена хвоя, зокрема, яка входить до складу підстилки молодих соснових насаджень, є більш пожежонебезпечною, швидко займається та сприяє поширенню пожеж. За результатами експериментальних досліджень з виявлення впливу погодних умов на швидкість поширення горіння підстилки соснових молодняків встановлено, що найбільшою є швидкість поширення полум'я підстилкою за умов сонячної погоди (за відсутності опадів), середнє значення якої майже втричі перевищує значення швидкості поширення полум'я за умов випадання 4 мм опадів. Експериментальними дослідженнями у польових умовах з виявлення можливості переходу низової лісової пожежі у верхову встановлено, що у разі відсутності трав'яного покриву, за відповідних метеорологічних умов, на 62 с від початку горіння низова лісова пожежа перейшла у верхову, спричинивши за 90 с пошкодження соснових насаджень на площі 4,5 м². Проведені експериментальні дослідження у польових умовах та моделювання у WFDS підтверджують високу пожежну небезпеку молодих соснових насаджень та швидкий перехід пожежі з низової у верхову. Отримане значення дисперсії розсіювання за результатом експерименту 0,037 практично співпадає з значенням дисперсії, отриманим за результатами моделювання 0,031, що засвідчує адекватність цієї моделі та її придатність для її застосування в системі забезпечення пожежної безпеки молодих соснових насаджень. За результатами дослідження з виявлення впливу змінення компонентів фітомаси молодих соснових насаджень на показники їх пожежної небезпеки встановлено, що з віком загальна фітомаса та вміст вологи в соснових насадженнях збільшується, зумовлюючи зменшення пожежної небезпеки.

У четвертому розділі проведено математичне моделювання займання хвої сосни звичайної. Застосовано 3 моделі поширення тепла, зокрема, поширення тепла хвоїнкою скінченої довжини за відсутності теплообміну на її бічній поверхні, теплопровідності хвоїнки нескінченої довжини за наявності теплообміну на її бічній поверхні, а також нагрівання хвоїнки на деякій висоті над нагрітою до високої температури нерухомою поверхнею прямокутної форми. Використано довідкові дані та результати лабораторних досліджень, які застосовано у моделях як фізичні та теплофізичні показники хвої сосни звичайної: вологість, теплопровідність, теплоємність та густина, а також температура самозаймання. У першій моделі один з кінців хвоїнки контактує з нагрітим до високої температури тілом. Температура хвоїнки в

початковий момент часу є сталою і дорівнює температурі повітря. Така ж температура і кінця хвоїнки, який не контактує з нагрітим тілом. Аналітичний розв'язок, отриманий в результаті інтегрування диференціальних рівнянь, що описують даний процес, а також побудова графічних залежностей свідчать про те, що температура сухої хвої зростає швидше, ніж живої, прогріваючи її на більшу довжину за однаковий період часу, і це зумовлює її швидше займання. У другій моделі розглянуто хвоїнку нескінченної довжини, до кінця якої торкається нагріте тіло, а на її бічній поверхні відбувається конвективний теплообмін. Розв'язками рівняння з відповідними початковою та граничними умовами є залежності температури від тривалості та відстані до місця контакту, за якими можна встановити час та ширину ділянки хвої, нагрітої до температури самозаймання. Третя математична модель описує процес нагрівання хвоїнки внаслідок радіаційного теплового випромінювання з поверхні полум'я у формі прямокутника. Аналітичний розв'язок моделі дає змогу встановити час нагрівання хвоїнки до температури самозаймання.

Проведено дослідження пожежної небезпеки соснових молодняків залежно від віку методом комп'ютерного моделювання лісової пожежі у WFDS. Оцінено пожежну небезпеку в повних молодих соснових насадженнях віком 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 і 40 років за швидкістю поширення фронту пожежі з урахуванням самозрідження деревостанів та самоочищення стовбурів дерев від нижніх гілок. При цьому наземним горючим матеріалом у насадженнях віком 5 років розглядали суху траву, а у старшому віці – хвойну підстилку. Отримано значення швидкостей поширення низової та верхової пожежі за наявності переходу в таку форму. Встановлено, що перехід низової пожежі у верхову форму відбувається в насадженнях віком до 20 років, що спричиняє значне збільшення швидкості поширення пожежі та свідчить про їх значну пожежну небезпеку. Для насаджень віком від 20 до 40 років перехід низової пожежі у верхову не відбувається, проте зростає швидкість поширення низової пожежі.

У п'ятому розділі наведено інформацію щодо апробації та впровадження результатів дисертаційної роботи. За результатами польових досліджень з використанням запропонованого Пристрою для дослідження займистості горючого матеріалу з використанням електронагрівального елемента, встановлено, що лісова підстилка в соснових молодняках є пожежонебезпечною і може зайнятися з ймовірністю, близькою до 1/2 від джерела з температурою 450 °C за 25,7 с. Відповідно до результатів дослідження встановлено, що інтенсивність зростання площі, пройденої вогнем, є найбільшою у віці 5 років. За об'ємом ушкодженої пожежею деревини економічні збитки будуть найбільшими для 20-річних насаджень. Інтенсивність зростання об'єму непридатної для реалізації деревини зростає з віком та із зростанням швидкості вітру, а її значення є найбільшим для 20-річних соснових насаджень. Запропоновано шкалу оцінки природної пожежної небезпеки земельних ділянок лісового фонду, відповідно до якої І

клас пожежної небезпеки ділиться на 2 підкласи: Іа – для соснових насаджень віком 5-20 років, де протягом усього пожежонебезпечного періоду є підвищена загроза виникнення низових лісових пожеж з переходом у верхові, та Іб – віком 20-40 років, де протягом усього пожежонебезпечного періоду є загроза виникнення низових лісових пожеж без переходу у верхові. Результати дисертаційної роботи впроваджені в діяльність в діяльність «ДП Рава-Руське лісове господарство», «ДЛГП Галсільліс», а також використовуються під час викладання навчальних дисциплін «Небезпечні природні процеси» і «Лісова пірологія» у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності, про що складено відповідні акти.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розкритті особливостей впливу чинників на пожежну небезпеку соснових молодняків лісового фонду України як наукове підґрунтя підвищення ефективності забезпечення їх пожежної безпеки. При цьому:

- *уперше* виявлено, що швидкість вигорання зразків хвої зростає в ряду свіжозірвана – опала – висушена і на 60 с вигорання відрізняється в 1,3 рази для висушеної хвої порівняно зі значенням для свіжозірваної та корелює із зменшенням їх вологості;

- *уперше* встановлено, що залежність температури займання ($t, ^\circ\text{C}$) хвої соснових молодняків від її вологості $W, \%$ описується формулою $t = 0,002W^2 + 0,8466W + 204,49$;

- *набуло подальшого розвитку*:

- застосування методу діелькометрії для визначення вологості хвої соснових молодняків як чинника впливу на показники її пожежної небезпеки;

- застосування комп'ютерної моделі WFDS для визначення лінійних швидкостей розповсюдження пожежі в соснових молодняках;

- методи математичного моделювання процесів займання хвої сосни звичайної;

- *удосконалено* шкалу оцінки природної пожежної небезпеки земельних ділянок лісового фонду, у якій на відміну від регламентованої «Правилами пожежної безпеки в лісах України» обґрунтовано та запропоновано для соснових молодняків I класу небезпеки введення двох підкласів: Іа – для насаджень віком до 20 років, Іб – для насаджень від 20 до 40 років, що сприятиме підвищенню ефективності забезпечення пожежної безпеки в молодих соснових лісах України.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, які сформульовані у дисертації

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечено застосуванням комплексного методу дослідження, який включав аналіз і узагальнення науково-технічних досягнень з питань сучасного стану забезпечення пожежної безпеки лісових насаджень лісового фонду України;

метод дієлькометрії для визначення вологості хвої соснових насаджень; метод визначення масового вмісту органічної рідини – продукту піролізу хвої соснових насаджень; метод визначення масової швидкості вигорання хвої соснових насаджень; методи визначення температури займання та проміжку часу до виникнення займання хвої соснових молодняків; метод визначення лінійної швидкості поширення пожежі соснових молодняків у польових умовах. Вологість хвої у лабораторних та польових умовах визначали дієлькометричним методом з використанням цифрового вимірювача ємності та виготовленого плоского конденсатора, між пластинами якого розміщували зразки хвої. Масовий вміст органічної рідини продукту піролізу хвої соснових насаджень оцінювали шляхом її відокремлення від маси сухого залишку піролізованої хвої та води. Для визначення температури займання хвої соснових насаджень у лабораторних та польових умовах застосовували запатентований «Пристрій для дослідження займистості горючого матеріалу з використанням електронагрівального елемента». Комп'ютерне моделювання пожеж соснових молодняків проводили з використанням програмного забезпечення WFDS.

Для проведення експериментальних досліджень використовували метрологічно-атестоване обладнання та повірені засоби вимірювання. Математичні і статистичні методи обробки результатів досліджень здійснювали із використанням програмного забезпечення Microsoft Office Excel та Mathcad.

Практичне значення отриманих результатів полягає в удосконаленні методології оцінювання пожежної небезпеки компонентів лісу шляхом використання запропонованої шкали оцінки природної пожежної небезпеки земельних ділянок лісового фонду України, яку впроваджено в діяльність «ДП Рава-Руське лісове господарство», застосуванні в діяльності «ДЛГП Галсільліс» розробленого пристрою для визначення займистості горючих матеріалів з використанням електронагрівального елемента, а також використанні отриманих результатів під час викладання навчальних дисциплін «Небезпечні природні процеси» і «Лісова пірологія» у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності, про що складено відповідні акти.

Особистий внесок здобувача в отриманих результатах полягає в самостійному аналізі літературних джерел, формулюванні мети і завдань досліджень, обґрунтуванні методології та виборі методик, проведенні лабораторних та польових досліджень, їх плануванні із застосуванням математичного і комп'ютерного моделювання, а також формулюванні висновків. Особистий внесок у наукових працях, опублікованих за співавторства, відображено в авторефераті та анотації дисертації

Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації в опублікованих працях. Апробація роботи

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 16 наукових працях, з яких 7 – у фахових виданнях (з них 1 (одна) у закордонному виданні), 8 – у збірниках матеріалів та тез науково-технічних та науково-практичних конференцій. Отримано 1 патент України на корисну модель.

Результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на 8 всеукраїнських та міжнародних науково-практичних та науково-технічних конференціях, зокрема:

- 16 Всеукраїнській науково-практичній «Конференції Рятувальників» – 2014 (м. Київ, 2014 р.);
- Всеукраїнській науково-практичній конференції з міжнародною участю «Надзвичайні ситуації: безпека та захист» – (м. Черкаси, 2015 р.);
- Міжнародній науково-практичній «Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации ЧС – 2016» – (м. Гомель, 2016 р.);
- VII Міжнародній науково-практичній конференції «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій» – (м. Черкаси, 2016 р.);
- XIV Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми екологічної безпеки» – (м. Кременчук, 2016 р.);
- Міжнародній науково-практичній конференції «Пожежна та техногенна безпека. Теорія, практика, інновації» – (м. Львів, 2016 р.);
- VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій» – (м. Черкаси, 2017 р.);
- 19 Всеукраїнській науково-практичній конференції «Технології захисту/ПожТех – 2017» (м. Київ, 2017 р.).

Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації

За структурою та змістом автореферат і дисертація відповідає вимогам МОН України. У тексті автореферату відображено основні положення, зміст, результати і висновки дисертаційного дослідження. Зміст автореферату та основні положення дисертації є ідентичними.

Дискусійні положення та зауваження

1. Перший висновок перевантажено даними щодо статистики викидів внаслідок лісових пожеж в Україні.
2. Визиває деякий сумнів стосовно практичного співпадіння визначених за результатами експерименту в польових умовах та розрахунку значень швидкостей розповсюдження пожеж в соснових молодняках.
3. Доречно було б в аналітичній частині першого розділу дисертації зазначити, що удосконалення методології та методики оцінювання їх

природної пожежної небезпеки, яка враховує особливості впливу чинників на її стан, є лише одним із можливих шляхів підвищенні ефективності забезпечення пожежної безпеки в молодих соснових лісах України.

4. Нажаль, в роботі не використано метод термогравиметрії із застосуванням дериватографа, який би став в нагоді, виходячи з об'єкту та предмету досліджень .

Загальний висновок

Наведені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи. Дисертаційна робота за темою «**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ В МОЛОДИХ СОСНОВИХ ЛІСАХ УКРАЇНИ**», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека, є завершеною, самостійно підготовленою кваліфікаційною науковою працею. В ній отримано нові науково обгрунтовані та практично цінні результати, що вирішують актуальне наукове завдання розкриття особливостей впливу чинників на пожежну небезпеку соснових молодяків земельних ділянок лісового фонду України як підгрунтя підвищення ефективності забезпечення їх пожежної безпеки.

Дисертація відповідає паспорту спеціальності, за якої вона захищається, а також вимогам «Порядку присудження наукових ступенів...», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 року із змінами, а її автор, **Товарицький Володимир Ігорович**, заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека.

Офіційний опонент

доктор технічних наук,
старший науковий співробітник,
професор кафедри екологічного
аудиту та експертизи
Державної екологічної академії
післядипломної освіти та управління
Мінприроди України



А.В. Антонов

*Копії дисертації технічних наук,
старшого наукового співробітника,
професора кафедри екологічного аудиту
та експертизи ДЕТ завірюю.
Членом комісії ДЕТ
н.ф.н.н., доцент*

[Signature] **М.Т. Раймашенко**