

на процесс десорбции и определить экономическую целесообразность применения процесса, что очень важно на стадии проектирования аппаратов со стационарным слоем адсорбента.

Ключевые слова: гидродинамика, дисперсный материал, стационарный слой, адсорбент, силикагель.

Atamanyuk V.M., Hodorivskyy R.V., Basistyy M.M. Hydrodynamic in a stationary layer of granular large-porous silicagel

This article presents the results of experimental and theoretical investigations of hydrodynamics of air movement through the granular layer of silica gel. The obtained criterion depends allow you to predict energy costs desorption process, and to determine the economic feasibility of the application process is very important to design apparatus with a stationary layer of adsorbent.

Keywords: hydrodynamics, dispersed material, stationary layer, adsorption, silico-gel.

УДК 614.843(075.32)

Проф. П.М. Гащук, д-р техн. наук;
ад'юнкт І.В. Паснак – Львівський ДУ БЖД

ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПОЖЕЖНИХ СТВОЛІВ ПІСТОЛЕТНОГО ТИПУ

Проаналізовано сучасний стан виробництва та обґрунтовано доцільність застосування пожежних стволів пістолетного типу. Розглянувши баланс сил на пожежних стволах, встановлено, що за умов роботи з високими напорами пожежні стволи пістолетного типу мають перевагу над прямими стволами, оскільки їх використання дає змогу полегшити роботу операторів під час гасіння пожеж.

Ключові слова: пожежний ствол, ствол пістолетного типу, баланс сил, ефективність.

Постановка проблеми. Зростаючі вимоги до підвищення ефективності пожежогасіння спонукають до пошуку та розроблення все нових методів та технічних рішень для забезпечення подачі вогнегасної речовини в осередок пожежі. Сьогодні все частіше виробники протипожежної техніки акцентують свою увагу на виробництві універсальних та комбінованих пожежних стволів, які б могли працювати за високих напорів. З цією метою розробляють так звані пожежні стволи пістолетного типу. Зокрема, автор цього дослідження розробив та запатентував технічні рішення [1, 2]. Однак на сьогодні мало уваги приділяють питанню обґрунтування доцільності застосування пожежних стволів пістолетного типу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Важливим параметром для ручних пожежних стволів є реакція струменя – сила, що виникає під час витікання рідини з насадки ствола. Питання обґрунтування доцільності застосування пожежних стволів пістолетного типу частково розглядалось в роботі [3]. Тут стверджується, що сила реакції струменя для вказаного типу стволів поділяється на кілька складових та спрямована вгору, що значно спрощує роботу ствольників (операторів) під час гасіння пожеж. Однак наукового підтвердження цьому твердженню не наводять.

Мета роботи. Науково обґрунтувати доцільність застосування пожежних стволів пістолетного типу для спрощення роботи операторів під час гасіння пожеж.

Виклад основного матеріалу. Укладімо для виділеної площинами 0-0 та 1-1 (рис. 1) частини потоку рідини рівняння зміни кількості руху (імпульсу сил) у проекціях на координатні осі Ox та Oy :

$$\rho Q(v_0 \cos \theta_0 - v_1 \cos \theta_1)dt = R_x dt, \quad \rho Q(v_0 \sin \theta_0 - v_1 \sin \theta_1)dt = R_y dt,$$

де: Q – витрата рідини через перерізи 0-0 та 1-1 за одиницю часу, v_0 і v_1 – швидкості потоку у перерізах 0-0 і 1-1 (v_0 і v_1 – модулі цих швидкостей), θ_0 і θ_1 – кути між віссю потоку та горизонталлю в перерізах 0-0 і 1-1, R_x і R_y – модулі проекцій R_x і R_y на осі координат Ox і Oy сили реакції $R = -P$, що діють на потік рідини з боку системи "рукав – ствол", P – сила, з якою потік діє на систему "рукав – ствол" ($R_x = -P_x$ і $R_y = -P_y$; $R_x = -P_x$ і $R_y = -P_y$), t – час; площини 0-0 та 1-1 ортогональні до осі потоку. На підставі цих рівнянь можна писати, що

$$\rho Q(v_1 \cos \theta_1 - v_0 \cos \theta_0) = P_x, \quad \rho Q(v_1 \sin \theta_1 - v_0 \sin \theta_0) = P_y,$$

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2} = \rho Q \sqrt{v_1^2 - 2v_1 v_0 (\cos \theta_1 \cos \theta_0 + \sin \theta_1 \sin \theta_0) + v_0^2}.$$

Зокрема, у разі горизонтальної долівки, коли $\theta_1 = 0$, матимемо:

$$P_x = \rho Q v_0 \left(\frac{v_1}{v_0} - \cos \theta_0 \right), \quad P_y = -\rho Q v_0 \sin \theta_0,$$

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2} = \rho Q v_0 \sqrt{\left(\frac{v_1}{v_0} \right)^2 - 2 \frac{v_1}{v_0} \cos \theta_0 + 1}. \quad (1)$$

При цьому орієнтацію вектора \mathbf{P} на площині визначає кут α , що задовольняє умову

$$\tan \alpha = \frac{P_y}{P_x} = \frac{-\sin \theta_0}{\frac{v_1}{v_0} - \cos \theta_0} > \tan \theta_0.$$

На підставі рівняння зміни моменту кількості руху (момента імпульсу) відносно точки A (рис. 1) можна висувати ще співвідношення

$$M = Ph = \rho Q v_0 h_0, \quad (2)$$

де: M – обертальний момент, h – плече дії сили P відносно точки A , h_0 – віддаль між точкою A та лінією, вздовж якої спрямований вектор швидкості v_0 . Отож (див. (1), (2))

$$h = \frac{\rho Q v_0 h_0}{P} = \frac{h_0}{\sqrt{\left(\frac{v_1}{v_0} \right)^2 - 2 \frac{v_1}{v_0} \cos \theta_0 + 1}} > h_0.$$

Нехтуючи втратами енергії та супровідними ефектами, приймемо

$$Q = \frac{\pi d_0^2}{4} v_0, \quad \frac{v_0}{v_1} = \frac{d_1^2}{d_0^2},$$

де: d_0 і d_1 – діаметри живих перерізів в площинах 0-0 і 1-1, ортогональних до осі потоку. Приміром, у разі $d_0 = 13$ мм і $d_1 = 66$ мм матимемо $v_1 / v_0 = 0,04$.

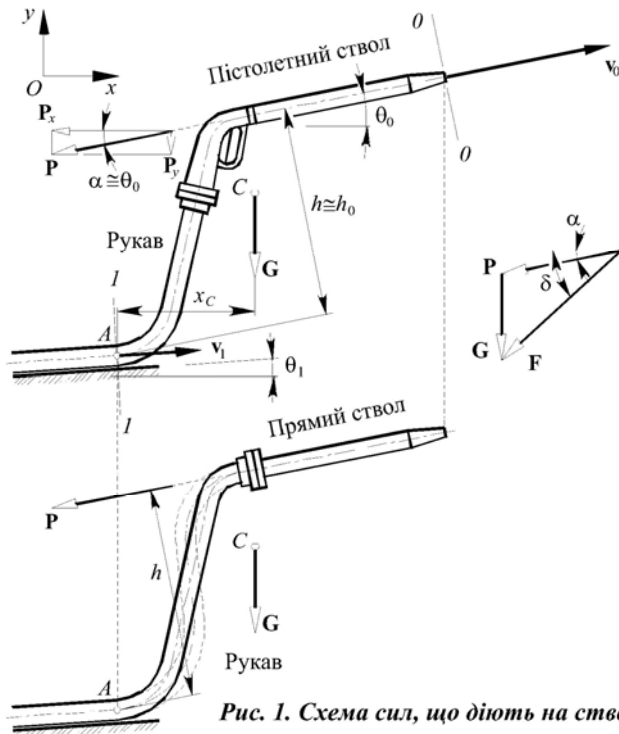


Рис. 1. Схема сил, що діють на ствол

Величина v_1/v_0 є вельми малою. Ця обставина є доволі загальною, аби стати підставою для зведення висуваних співвідношень до простішого вигляду (за особливої потреби)

$$\alpha \approx \theta_0, h \approx h_0; P_x \approx -\rho Q v_0 \cos \theta_0 = -\frac{4}{\pi d_0^2} \rho Q^2 \cos \theta_0 = -\frac{\pi d_0^2}{4} \rho v_0^2 \cos \theta_0,$$

$$P_y \approx -\rho Q v_0 \sin \theta_0 = -\frac{4}{\pi d_0^2} \rho Q^2 \sin \theta_0 = -\frac{\pi d_0^2}{4} \rho v_0^2 \sin \theta_0,$$

$$P \approx \rho Q v_0 = \frac{4}{\pi d_0^2} \rho Q^2 = \frac{\pi d_0^2}{4} \rho v_0^2.$$

Отож можна вважати в першому наближенні, що сила P скерована суто проти вектора швидкості v_0 руху рідини на виході зі ствола. Вона діє разом із силою ваги G , спричиненою масою ствола та масами рукава й рідини, що містяться між контрольними перерізом 1-1, де рукав перестає спиратися на долівку, та перерізом 0-0, де рідина полишає ствол. Якщо, до прикладу, сумарна маса m зазначених елементів системи "рукав – ствол (стовбур) – рідина" становить 10,8 кг, то матимемо: $-G = mg = 10,8 \cdot 9,81 = 106$ Н (g – гравітаційна стала). Сумою сил P і G є сила певна сила F (див. рис. 1, зокрема, – силовий трикутник), яку власне і треба врівноважити зусиллями з боку людини, що оперує стволом.

Та сама сила P за тих самих обставин діятиме і на прямий ствол. За відповідних конфігурації рукава і довжини прямого ствола – таких (див. рис. 1), що розташування перерізу 1-1 відносно перерізу 0-0 не зміниться, можна з прийнятною похибкою вважати, що й сила ваги G та розташування центра C мас m також залишаться такими самими, як у разі пістолетного ствола. Саме за таких умов порівняння пістолетного та прямого стволів можна буде впевнено вважати об'єктивним. Вважатимемо при цьому, що долівка "відчуває" динамічну дію струменя лише через ноги оператора, але в жодному разі не через пожежний ствол (стовбур) та рукав. Отож, у точці A немає сенсу прикладати силовий чинник, який би відбивав в собі дію на виділену перерізами 1-1 та 0-0 частину гідромеханічної системи решти рукава.

Покладаючись на схеми, що наведені на рис. 1 і 2, можна висувати корисні співвідношення

$$P + G = F, F_x = P_x = \rho Q v_0 \left(\frac{v_1}{v_0} - \cos \theta_0 \right), F_y = P_y + G = -\rho Q v_0 \sin \theta_0 - mg,$$

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \rho Q v_0 \sqrt{\left(\frac{v_1}{v_0} - \cos \theta_0 \right)^2 + \left(\frac{mg}{\rho Q v_0} + \sin \theta_0 \right)^2},$$

$$\tan \delta = \frac{F_y}{F_x} = \frac{P_y + G}{P_x} = \frac{P_y}{P_x} + \frac{G}{P_x} = \tan \alpha + \frac{G}{P_x} = \frac{\sin \theta_0 + \frac{mg}{\rho Q v_0}}{\cos \theta_0 - \frac{v_1}{v_0}} > \tan \theta_0,$$

$$F = -F_{r1} - F_{r2} = -F_r, M_A = Ph + Gx_C = Fh_f,$$

$$Ph + Gx_C = \rho Q v_0 h_0 - mg x_C = F_{r1x} y_B - F_{r1y} x_B + F_{r2x} y_D - F_{r2y} x_D,$$

де: δ – кут, під яким до горизонталі діє сила F ; M_A – момент сил P і G відносно точки A ; x_C – абсциса центра мас C в системі координат Axy з початком в точці A – плече дії сили G (див. рис. 2); h_f – плече дії сили F (F_x і F_y – модулі проєкцій F_x і F_y вектора F на координатні осі x і y); F_{r1}, F_{r2} (F_r) – сили від різних (обох разом) рук оператора, який спрямовує струмінь; $(x_B, y_B), (x_D, y_D)$ – координати точок B, D , які відображають місця зосередження зусиль від рук оператора. З наведених співвідношень випливає, зокрема, вираз

$$h_f = \frac{Ph - Gx_C}{F} = \frac{h_0 - \frac{mg}{\rho Q v_0} x_C}{\sqrt{\left(\frac{v_1}{v_0} - \cos \theta_0 \right)^2 + \left(\frac{mg}{\rho Q v_0} + \sin \theta_0 \right)^2}}.$$

Лінія дії сили F , звісно, проходить через точку перетину ліній дії сил P і G , рис. 2 а. Ефективність маніпулювання стволом значною мірою, звісно, залежить від можливостей раціонально протидіяти екстремальним проявам реакції струменя. У цьому разі йдеться про залучення лише одного оператора. А тому беруть до уваги саме два силові чинники F_{r1}, F_{r2} (від двох рук), які, відповідно до викладеного, повинні задовольняти умови

$$F_{r1x} + F_{r2x} = F_{rx} = -F_x = -P_x = -\rho Q v_0 \left(\frac{v_1}{v_0} - \cos \theta_0 \right),$$

$$F_{r1y} + F_{r2y} = F_{ry} = -F_y = -P_y - G = \rho Q v_0 \sin \theta_0 + mg, \quad F_{r1} = \sqrt{F_{r1x}^2 + F_{r1y}^2},$$

$$F_{r2} = \sqrt{F_{r2x}^2 + F_{r2y}^2}, \quad \rho Q v_0 h_0 - mg x_C = F_{r1x} y_B - F_{r1y} x_B + F_{r2x} y_D - F_{r2y} x_D.$$

Отже, для визначення чотирьох силових параметрів F_{r1x} , F_{r2x} , F_{r1y} , F_{r2y} слугують лише три рівняння

$$F_{r1x} + F_{r2x} = \rho Q v_0 \left(\cos \theta_0 - \frac{v_1}{v_0} \right), \quad F_{r1y} + F_{r2y} = \rho Q v_0 \sin \theta_0 + mg,$$

$$F_{r1x} y_B - F_{r1y} x_B + F_{r2x} y_D - F_{r2y} x_D = \rho Q v_0 h_0 - mg x_C. \quad (3)$$

Усунути таку невизначеність можна, приміром, поклавши, що вертикальні зусилля на обох руках оператора, є однаковими:

$$F_{r1y} = F_{r2y} = F_{r0y}. \quad (4)$$

Хоча, можна вимагати й аби на обидві руки оператора припадали взагалі однакові навантаження (а не тільки вертикальні):

$$\sqrt{F_{r1x}^2 + F_{r1y}^2} = \sqrt{F_{r2x}^2 + F_{r2y}^2}.$$

Зосередьмося на першому випадку, рис. 2 б).

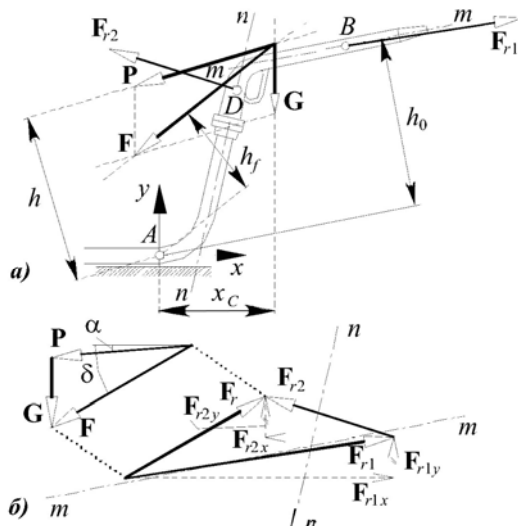


Рис. 2. Приклад співвідношення сил у разі однакового вертикального навантаження на обидві руки оператора

На підставі (3) і (4) легко з'ясувати, що

$$F_{r1y} = F_{r2y} = F_{r0y} = \frac{\rho Q v_0 \sin \theta_0 + mg}{2},$$

$$F_{r1x} = \rho Q v_0 \frac{h_0 + \frac{x_B + x_D}{2} \sin \theta_0 - y_D \left(\cos \theta_0 - \frac{v_1}{v_0} \right)}{y_B - y_D} + mg \frac{x_B + x_D - x_C}{y_B - y_D},$$

$$F_{r2x} = \rho Q v_0 \frac{-h_0 - \frac{x_B + x_D}{2} \sin \theta_0 + y_B \left(\cos \theta_0 - \frac{v_1}{v_0} \right)}{y_B - y_D} - mg \frac{x_B + x_D - x_C}{y_B - y_D},$$

а далі висувати (див. рис. 2 б), що горизонтальні складові F_{r1x} і F_{r2x} , відповідно, сил F_{r1} і F_{r2} спрямовані взаємно протилежно. Цікаво, що сила F_{r1} зорієнтована майже вздовж основної осі mm ствола, а сила F_{r2} – ортогонально до осі nn рукояті ствола. При цьому сила F_{r1} за модулем може бути помітно більшою за силу F_{r2} .

Звісно, те, що сила F_{r2} діє перпендикулярно до тіла ствола, є позитивною обставиною. Але те, що відносно велика за модулем сила F_{r1} спрямована вздовж тіла ствола, – обставина негативна, оскільки створюватись ця сила має за рахунок тертя між рукою-рукавицею і поверхнею ствола, через що виникатиме потреба належно сильно (до втоми) стискати кисть руки.

Можна створити й інші ситуації, рис. 3. Якщо "перевантажити" руку, прикладену схематично в точці B ($|F_{r1y}| > mg$, рис. 3 а), докладаючи в точці D зусилля F_{r2y} у напрямку, протилежному до напрямку дії сили ваги G , то це може спровокувати зростання як модуля сили F_{r1} , так і модуля сили F_{r2} , не створюючи жодного корисного ефекту.

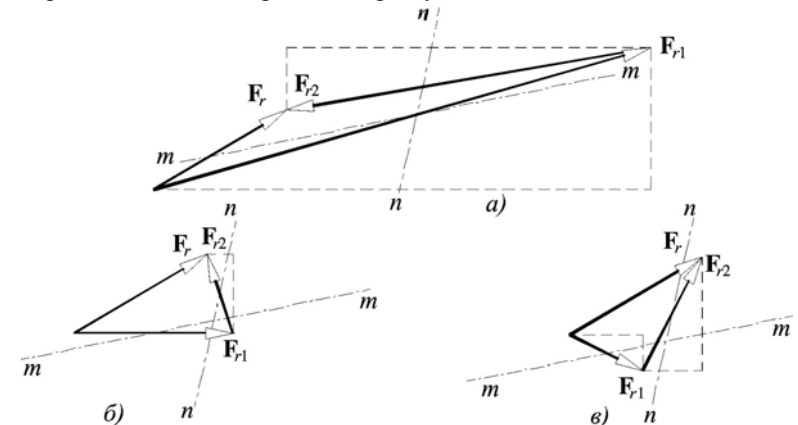


Рис. 3. Приклади балансу сил у разі неоднакового вертикального навантаження на руки оператора

А можна прийняти, що $F_{r1y} = 0$, рис. 3 б) (F_{r1} – горизонтальна). В такому разі

$$F_{r2y} = \rho Q v_0 \sin \theta_0 + mg, \quad F_{r1x} = \rho Q v_0 \frac{h_0 + \sin \theta_0 x_D - \left(\cos \theta_0 - \frac{v_1}{v_0} \right) y_D}{y_B - y_D} + mg \frac{x_D - x_C}{y_B - y_D},$$

$$F_{r2x} = \rho Q v_0 \frac{-h_0 - \sin \theta_0 x_D + \left(\cos \theta_0 - \frac{v_1}{v_0} \right) y_B}{y_B - y_D} - mg \frac{x_D - x_C}{y_B - y_D}$$

Ситуація загалом значно покращиться. Проте про нормальність напрямків прикладання сил до ствола йтися тут не може. Перерозподілити навантаження можна й так, аби більша частка ваги припадала на точку D ($|F_{r2y}| > mg$), рис. 3 в. Завдяки цьому напрямок дії сили F_{r1} можна ще більше наблизити до нормального відносно лінії mm .

А от загалом співвідношення (3), які можна також подати у вигляді

$$F_{r2y} = \rho Q v_0 \sin \theta_0 + mg - F_{r1y},$$

$$F_{r1x} = \frac{\rho Q v_0 \left(h_0 + \sin \theta_0 x_D - \left(\cos \theta_0 - \frac{v_1}{v_0} \right) y_D \right) + mg(x_D - x_C) - F_{r1y}(x_D - x_B)}{y_B - y_D},$$

$$F_{r2x} = \frac{-\rho Q v_0 \left(h_0 + \sin \theta_0 x_D - \left(\cos \theta_0 - \frac{v_1}{v_0} \right) y_B \right) - mg(x_D - x_C) + F_{r1y}(x_D - x_B)}{y_B - y_D},$$

вказують на те, що кінці векторів F_{r1} і F_{r2} , відкладених з однієї точки і сумою яких є вектор F_r , розташовані на відповідних паралельних прямих Π_1 і Π_2 , рис. 4. Приміром, вектор F_r є сумою чи пари векторів F_{r1} і F_{r2} , чи пари векторів F_{r1}^* і F_{r2}^* ... Вочевидь існує й така орієнтація сил $F_{r1} = F_{r1}^*$ і $F_{r2} = F_{r2}^*$ (див. виділений штрихуванням силовий паралелограм), що сила $F_{r1} = F_{r1}^*$ стає нормальною до прямої mm .

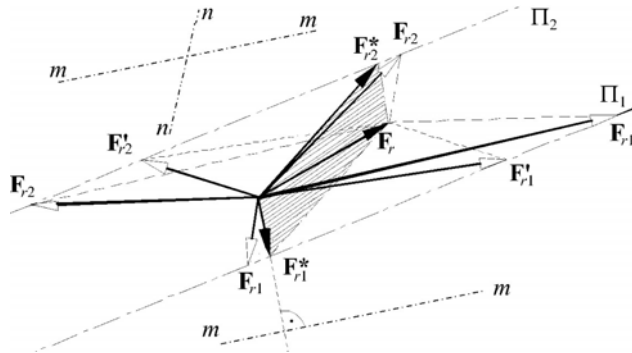


Рис. 4. Загальна схема, що відображає баланс сил на стволі

А от відповідна сила $F_{r2} = F_{r2}^*$ зорієнтована майже паралельно до прямої mm . Але це негативною ролі не відіграє, оскільки ця сила створюється рукою, охопленою скобою рукояті, а тому про надмірні дотичні зусилля йтися не може. Саме це дає підстави визнати переваги ствола пістолетного типу.

Висновки. Зважаючи на сучасну тенденцію виробництва пожежних стволів пістолетного типу, науково обґрунтовано доцільність застосування таких стволів для спрощення роботи операторів під час гасіння пожеж. На

підставі розгляду балансу сил на пожежних стволах встановлено, що за умов роботи з високими напорами пожежні стволи пістолетного типу мають перевагу над прямими стволами, оскільки їх використання дає змогу полегшити роботу операторів під час гасіння пожеж.

Література

1. Пат. 64205 Україна, МПК (2006.01), А62С 31/28. Коліно пістолетного типу для ручних пожежних стволів / І.В. Паснак, О.Е. Васильєва. № у 2011 07369; заявл. 14.06.2011; опубл. 25.10.2011, Бюл. № 20.
2. Пат. 64206 Україна, МПК (2006.01), А62С 31/07. Переносний пожежний скомбінований ствол пістолетного типу / І.В. Паснак, О.Е. Васильєва. № у 2011 07378; заявл. 14.06.2011; опубл. 25.10.2011, Бюл. № 20.
3. Пожарная техника : учебник / под ред. М.Д. Безбородько. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2004. – 550 с.

Гацук П.Н., Паснак І.В. Обоснование целесообразности применения пожарных стволов пистолетного типа

Проанализировано современное состояние производства и обоснована целесообразность применения пожарных стволов пистолетного типа. Рассмотрев баланс сил на пожарных стволах, установлено, что при работе с высокими напорами пожарные стволы пистолетного типа имеют преимущество над прямыми стволами, поскольку их использование позволяет облегчить работу операторов при тушении пожаров.

Ключевые слова: пожарный ствол, ствол пистолетного типа, баланс сил, эффективность.

Hashchuk P.M., Paska I.V. Explanation of expediency of nozzles usage of pistol type

The current state of production and the expediency of usage of pistol type nozzles are based. Considering the balance of powers in nozzles it was found that under conditions of high pressure pistol type nozzles have advantages over straight nozzles because their usage can facilitate the work of operators during the fire extinguishment.

Keywords: nozzle, pistol type nozzle, balance of powers, efficiency.

УДК 674.047

Здобувач В.М. Борисов; доц. І.Р. Кенс, канд. техн. наук; доц. Б.П. Поберейко, канд. техн. наук – НЛТУ України, м. Львів

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЗАЛЕЖНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПОРУ ТА ВТРАТ ВОЛОГИ ВІД МЕХАНІЧНИХ НАПРУЖЕНЬ У ПРОЦЕСІ СУШІННЯ ДЕРЕВИНИ

Показано різницю змін електричного опору стисненої та розтягнутої деревини у процесі сушіння. Досліджено, що причиною виникнення відмінностей електричного опору є вплив механічних напружень на швидкість втрати вологи зразками. Помічена властивість впливає на розподіл вологи в матеріалі під дією внутрішніх напружень. Вивчення механізму цього явища відкриває шлях до більш повного контролю стану деревини та удосконалення технологічних процесів сушіння деревини.

Ключові слова: деревина, електричний опір, сушіння, вологість, напруження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Точність визначення вологості кондуктометричними методами є невисокою [1, 2]. Одним із джерел похибок цього методу може бути залежність опору від внутрішніх напружень у матеріалі. На сьогодні вплив механічних напружень на електричний опір