

Дейнека А.М., Степанишин В.М. Эффективность планирования мероприятий по охране труда на лесохозяйственных предприятиях на основании оценки риска производственного травматизма

Произведено исследование состояния производственного травматизма на предприятиях лесной отрасли и эффективности планирования мероприятий и использования средств на охрану труда на предприятиях лесного хозяйства. На основании оценки риска производственного травматизма на основании статистического анализа и экспертного исследования предложены эффективные мероприятия планирования охраны труда на лесохозяйственных предприятиях.

Ключевые слова: производственный травматизм, статистический анализ, профессиональный риск, экспертное исследование, анкета, ранжирование, расходы на охрану труда, экономический эффект.

Deyneka A.M., Stepanyshyn V.M. Efficiency of planning of measures on a labour protection of forestry enterprises on the basis of evaluation of risk of occupational traumatism

A study of the state of occupational traumatism is undertaken on the enterprises of forest industry and efficiency of planning of measures and use of money on a labour protection on the enterprises of forestry. On the basis of evaluation of risk of occupational traumatism on the basis of statistical analysis and expert research the effective measures of planning of labour protection are offered on the enterprises of forestry.

Keywords: occupational traumatism, statistical analysis, professional risk, expert research, a questionnaire, ranking, charges on a labour protection, economic effect.

УДК 66.047

*Доц. Д.П. Кіндзера, канд. техн. наук;
проф. В.М. Атаманюк, д-р техн. наук; аспір. Р.Р. Говоський;
магістрант І.М. Мотіль – НУ "Львівська політехніка"*

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ ІЗ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ ХАРАКТЕРИСТИК

Наведено аналіз технологій виробництва брикетів із рослинної сировини, на основі чого обґрунтовано необхідність досліджень, спрямованих на зниження енергоємності обладнання та підвищення якості брикетів. Обґрунтовано доцільність використання фільтраційного методу для сушіння подрібнених стебел соняшника. Представлено результати досліджень залежності щільності брикетів від ступеня подрібнення сировини, а також міцності брикетів на згинання, механічної міцності на стирання та скидання.

Ключові слова: альтернативні джерела енергії, біомаса, подрібнені стебла соняшника, гідродинаміка, рослинна сировина, паливні брикети, фільтраційне сушіння, пресування.

Перспективним напрямом розвитку теплової енергетики України є використання альтернативних видів палива, виготовлених із місцевих ресурсів рослинної сировини, значну кількість у загальному обсязі яких складають сільськогосподарські відходи [1-6]. Домінуюче значення за кількістю утворення відходів належить грубостебловим культурам, зокрема соняшнику та кукурудзі, а одним із раціональних методів їх утилізації є використання останніх як сировини для виготовлення твердого палива. Такий вид палива, зважаючи на високу теплотворну здатність (12-15 МДж/кг), низьку зольність під час спалювання (3,5-7,5 %), мінімальний негативний вплив на довкілля, можливість використання для твердопаливних котлів різної потужності, теплогенераторів, котельень, камі-

нів, печей, зручність у складуванні та транспортуванні, може значною мірою замінити вкопні палива.

Постановка проблеми. Основними стадіями виробництва паливних брикетів з рослинної сировини є її подрібнення, сушіння, брикетування або гранулювання, охолодження та пакування продукції. Кожна із цих стадій є енергоємною. Сушіння сировини реалізують у барабаних, стрічкових сушарках та сушарках киплячого шару, які є громіздкими, потребують встановлення очисного обладнання, а основне – є енергоємними, оскільки на процес затрачається до 37 % енергозатрат технологічного процесу виробництва брикетів.

Енергозатратною стадією виробництва є також брикетування або гранулювання, на реалізацію якої затрачається до 20 % загальних енергозатрат. Середні витрати електроенергії на виготовлення однієї тонни брикетів становлять 60-80 кВт, а на одну тонну гранул – 90-110 кВт. Для реалізації процесів брикетування застосовують шнекові преси, які відрізняються конструкціями шнека, формувальної головки, механізму подачі сировини. Недоліком пресів такого типу є велика залежність продуктивності від характеристик рослинної сировини, що призводить до необхідності встановлення додаткових вузлів (пристрою для рівномірної подачі сировини і механізму зміни зазору між пресувальним шнеком і формувальною головою), які підвищують вартість обладнання. Окрім цього, шнекові преси потребують більших енергозатрат (0,074-0,111 кВт-год/кг), порівняно з поршневіми (0,028-0,1 кВт-год/кг) [7]. Поршневі преси є надійними в роботі та обслуговуванні, однак мають недоліки: періодичність роботи і, як наслідок, невисока продуктивність, значні габаритні розміри, утворення брикети мають нижчу щільність, порівняно з екструзійними.

Отже, актуальними питаннями сьогодення є зменшення енергозатрат на процес виробництва брикетів та підвищення їх якості. Вирішення цих питань сприятиме вивчення можливостей удосконалення конструкцій сушильного та пресувального обладнання з одночасним забезпеченням раціональних параметрів проведення процесів, а також вивчення оптимальних характеристик сировини (ступеня подрібнення, вологості).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз технологій виробництва брикетів з рослинних матеріалів показав, що нині виникла потреба в дослідженнях, спрямованих на зниження енергоємності процесу перероблення рослинних відходів на тверде біопаливо на стадіях сушіння та пресування; удосконалення конструкцій існуючих машин для ущільнення сировини з метою підвищення їх надійності, розширення функціональних можливостей у забезпеченні пресування різних видів рослинних матеріалів, а також вивчення оптимальних параметрів сировини для отримання високої щільності брикетів [8].

Вчені Г.Г. Гелетуша, В.А. Герасимович, В.О. Дубровін, Т.А. Железна та ін. [1-3] зробили значний внесок щодо перспектив використання біомаси для виготовлення газоподібного, рідкого і твердого палива. Ці вчені досліджували параметри технологічних процесів і режими роботи обладнання, показники ефективності використання біопалива. Встановлено [9], що на якісні показники процесу пресування рослинних матеріалів та енергозатрати на його здійснення впливають взаємопов'язані фактори конструктивного характеру (тип обладнан-

ня, геометричні параметри робочих органів, характер їх взаємодії з сировиною) та технологічного (вологість та степінь подрібнення сировини, тиск пресування, час витримки, температура). На першій стадії процесу пресування відбувається незначне ущільнення матеріалу завдяки зближенню частинок та їх зміщенню, що приводить до заповнення порожнеч у матеріалі. На другій стадії, із збільшенням тиску пресування, відбувається інтенсивне ущільнення матеріалу за рахунок пружних властивостей матеріалу (частинки взаємовклинаються) та пластичних властивостей (частинки змінюють форму і щільніше прилягають одна до одної). Високий тиск на кінцевому етапі пресування приводить до переходу пружних деформацій частинок у пластичні, тому на третій стадії відбувається об'ємне стискування утвореного брикета.

Процеси пресування супроводжуються виділенням тепла, внаслідок чого лігнін, який міститься в рослинній сировині, розм'якшується та склеює її частинки, висока температура сприяє плавленню поверхні брикетів, внаслідок процесів полімеризації смол та лігніну, що збільшує їх міцність. Механічна міцність утвореного брикета залежить від прикладеного тиску, часу витримки, однак значною мірою на щільність брикетів впливає ступінь подрібнення та вологість сировини. У літературі [10, 11] наведено результати досліджень щодо оптимальної вологості рослинної сировини для виготовлення паливних брикетів, яка становить 6-14 %. Під час виробництва брикетів з сировини, що має вищу вологість, відбувається їх "розривання", зумовлене внутрішнім тиском вологи під час стиснення сировинної маси. Наявність великих частин сировини призводить до утворення порожнин у структурі брикета, що зменшує їхню міцність. У літературі [12] є відомості щодо оптимальних розмірів частин для виготовлення гранул із деяких видів рослинної сировини, зокрема соломи. Проте в літературі недостатньо висвітлено питання щодо особливостей використання стебел соняшника, кукурудзи, як сировини для твердого біопалива і відомостей щодо оптимального фракційного складу такого виду сировини є недостатньо.

Метою роботи є дослідження процесу виготовлення біобрикетів з метою зменшення енергозатрат на процес; дослідження брикетування рослинної сировини різного гранулометричного складу та залежності щільності брикетів від ступеня подрібнення сировини; міцності брикетів на згинання, механічної міцності на стирання та скидання.

Результати досліджень. Об'єктом дослідження були подрібнені стебла соняшника, які представляли собою полідисперсну суміш частинок капілярно-пористої структури.

Визначення гранулометричного складу сировини. Для визначення гранулометричного складу подрібнених стебел соняшника, з матеріалу формували 20 проб, масою 125 г кожна. Кожну пробу, методом ситового аналізу, розділяли на фракції (отримали сім фракцій) і визначали процентний вміст кожної з них у пробі. Шляхом знаходження середніх значень з 20 проб встановили гранулометричний склад полідисперсної суміші. Фракції умовно поділили на "малі" (від 0...0,16 до 0,63...1,25), які становили 58,3 % (72,875 г), та "великі" (від 1,25...2,5 до >5,0) – становили 41,7 % (52,125 г). Отримані результати занесено в табл. 1, згідно з якою побудовано гістограму, представлену на рис. 1.

Табл. 1. Гранулометричний склад подрібнених стебел соняшника

Розмір фракції, мм	Малі фракції				Великі фракції		
	0...0,16	0,16...0,315	0,315...0,63	0,63...1,25	1,25...2,5	2,5...5,0	>5,0
Вміст фракції, %	2,2	10,4	15,8	29,9	9,3	28,8	3,6
Всього	58,3 %				41,7 %		

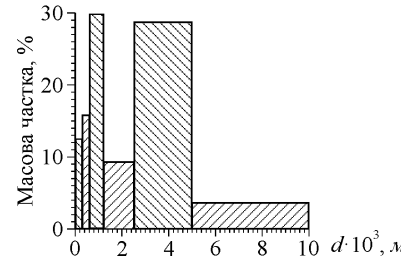


Рис. 1. Гранулометричний склад сировини

Сушіння сировини. Сировину з подрібнених стебел соняшника висушували до вологості 6-12 %, що є оптимальною для формування брикетів. Реалізовували процес сушіння малих та великих фракцій сировини за допомогою сушарки фільтраційного типу, що дало змогу підвищити інтенсивність сушіння, знизити питомі затрати теплоти й електроенергії, покращити якісні показники висушеного матеріалу. Першим етапом вивчення запропонованого методу сушіння було дослідження гідродинаміки профільтрування теплового агента крізь шар подрібнених стебел соняшника, результати якого представлені у вигляді графічних залежностей на рис. 2.

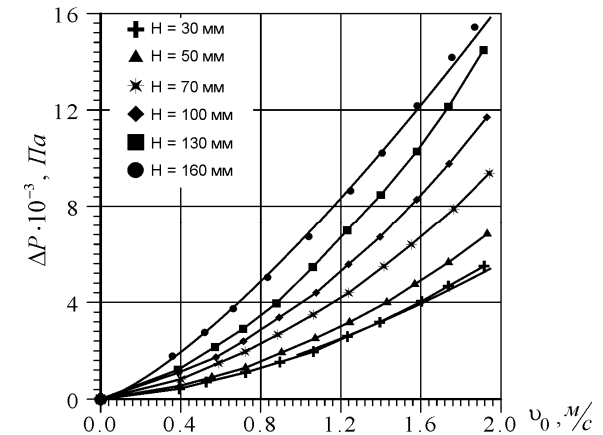


Рис. 2. Залежність втрат тиску в стаціонарному шарі подрібнених стебел соняшника від фіктивної швидкості руху теплового агента

Незначний гідравлічний опір рухові теплового агента, що не перевищує 20 кПа за фіктивної швидкості фільтрування теплового агента 0,4-2,0 м/с; підтверджує доцільність застосування фільтраційного сушіння як енергозберігаючого методу зневоднення подрібненої біомаси соняшника. Встановлено, що гідравлічний опір рухові теплового агента крізь шар сировини найменшого дисперсного складу є доволі високим, що прогнозує вищі енергозатрати на реалізацію процесу сушіння. Наявність такої фракції у загальній масі сировини збільшує гідравлічний опір рухові теплового агента крізь шар матеріалу, збільшує

ючи цим самим енергозатрати на процес сушіння. Зважаючи на незначний вміст 2,2 % фракції з найменшими розмірами частин у загальній масі сировини, низьку вологість останньої, високий гідравлічний опір рухові теплового агента, ми рекомендуємо відділяти її методом сепарування перед процесом сушіння і додавати її в загальну масу висушеної сировини, яку подають на брикетування. Таке рішення сприятиме енергозбереженню на стадії сушіння та отриманню брикетів високої якості.

Пресування брикетів проводили з сировини різного фракційного складу, а саме: 0,16...0,315; 0,315...0,63; 0,63...1,25; 1,25...2,5; 2,5...5,0; >5,0. Для реалізації процесу пресування брикетів, подрібнені стебла соняшника засипати в прес-форму, яку поміщали в гідравлічний прес, в якому створювався необхідний тиск (60 МПа). Зусилля пресування контролювали електронним силовимірювачем пресу ИП-1000 з похибкою ± 1 %. Після досягнення заданого тиску, сформований брикет витримували впродовж 10 с для остаточного склеювання частинок подрібнених стебел соняшника. Видалення брикета з матриці відбулося за рахунок виштовхування матриці пуансоном.

Визначення об'ємної щільності брикетів. Якість брикетів повинна відповідати чинним стандартам [16-17]. Ми визначали об'ємну щільність брикетів, утворених із подрібнених стебел соняшника відповідного фракційного складу: 0,16...0,315; 0,315...0,63; 0,63...1,25; 1,25...2,5; 2,5...5,0; >5,0. Для визначення об'ємної щільності брикета, за допомогою електронного штангенциркуля, проводили вимірювання його основних розмірів: довжини L , ширини b та висоти h , на основі яких розраховували об'єм брикета, а також зважування останнього на електронних вагах Radwag WLC 0.2/C/1 з точністю вимірювання до 0,001 г. Визначали щільність брикета, як відношення його маси до об'єму. Результати досліджень щільності брикетів залежно від фракційного складу сировини, як усереднений результат досліджень п'ять брикетів, утворених з однакової фракції сировини, наведено у табл. 2.

Табл. 2. Залежність щільності брикетів від фракційного складу рослинної сировини

Розмір фракції, мм	Малі фракції			Великі фракції		
	0,16...0,315	0,315...0,63	0,63...1,25	1,25...2,5	2,5...5,0	>5,0
Щільність брикетів $\gamma, \text{кг}/\text{м}^3$	890	885	869	863	855	850

За результатами досліджень щільності брикетів залежно від фракційного складу рослинної сировини побудовано графічну залежність, що представлена на рис. 3. Встановлено, що найвища щільність брикетів досягалася при найменшому фракційному складові рослинної сировини, однак, загалом, відповідала стандартам для усіх брикетів.

Визначення міцності брикетів. З метою забезпечення транспортабельної міцності паливних брикетів, їх випробовували на міцність: визначено міцність брикетів на згинання, механічну міцність брикетів на стирання та механічну міцність на скидання згідно з рекомендаціями, поданих у [18, 19].

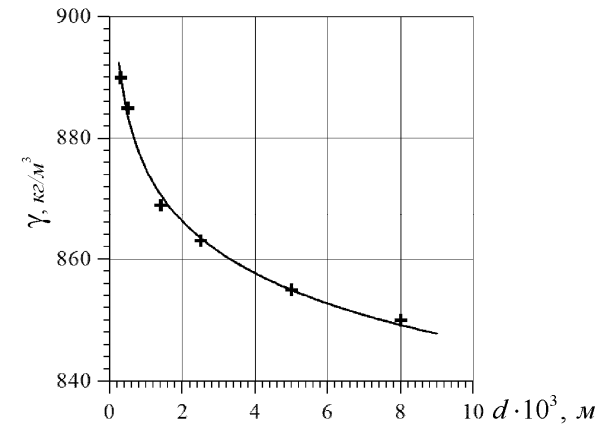


Рис. 3. Залежність щільності брикетів із рослинної сировини вологістю 12 % від ступеня подрібнення за тиску 60 МПа

Для визначення міцності брикетів на згинання, на металеву плиту розміщували паралельно дві металеві призми (рис. 4), відстань ℓ між якими можна регулювати. Для проведення досліджень відстань між призмами встановлювали $\ell = 0,7L$ довжини брикета [20]. На призми встановлювали досліджуваний брикет і поверх нього посередині (відносно положення призм і паралельно їм) встановлювали верхню призму, яка передавала навантаження. На верхній клин збільшували навантаження і експеримент припиняли, коли стрілка вимірювача сили починала рухатися проти годинникової стрілки (в момент відсутності опору). Навантаження на момент руйнування брикета визначали по іншій стрілці вимірювача сили, яка вказує на максимальне навантаження за період проведення експерименту. У місці зламу брикета, вимірювали ширину і висоту зразка (дослідження проводили на десяти зразках і результати усереднювали).

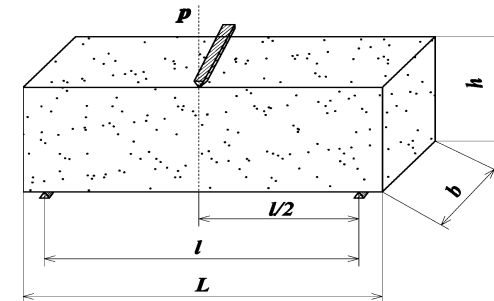


Рис. 4. Схема пристрою для визначення міцності брикетів на згинання

Міцність брикетів на згинання брикетів розраховували згідно із залежністю:

$$\sigma = \frac{M_{зг}}{W_{зг}}, \quad (1)$$

де: $M_{3z} = P \cdot \ell / 4$ – найбільший згинальний момент; P – руйнівне навантаження; $W_{3z} = b \cdot h^2 / 6$ – момент опору. Результат отримували як середнє арифметичне з десяти вимірювань, які наведені у табл. 3.

Механічну міцність брикетів на стирання визначено за допомогою обертового барабана, діаметром 500 мм та частотою обертання 25 хв⁻¹. У барабан завантажували 4 кг брикетів, включали барабан. Після здійснення барабаном 100 обертів його зупиняли. Матеріал розсіювали на ситі з отворами 25 мм. Механічну міцність на стирання розраховано, виходячи з втрати маси брикетами під час стирання їх у барабані, отримані результати наведено у табл. 3.

Механічну міцність брикетів на ударний вплив (скидання) оцінювали під час скидання на чавунну плиту 4 кг брикетів з висоти 1,5 м. Механічну міцність брикетів на ударний вплив розраховано за кількістю утвореного дріб'язку, методом ситового аналізу, тобто шляхом просіювання крізь сито з отворами 25 мм. Отримані результати наведені у табл. 3.

Табл. 3. Характеристика брикетів з подрібнених стебел сояшника

Довжина брикета	Ширина брикета	Висота брикета	Відстань між призмами	Міцність брикетів на згинання	Механічна міцність брикета на стирання	Механічна міцність брикета на скидання	Щільність брикета
$L, \text{ м}$	$h, \text{ м}$	$b, \text{ м}$	$\ell, \text{ м}$	$\sigma, \text{ МПа}$	$\sigma_{\text{мех.ст}}, \%$	$\sigma_{\text{мех}}, \%$	$\gamma, \text{ кг/м}^3$
0,155	0,095	0,065	0,1085	3,8	91,7	92,1	890

Висновки:

1. Проведений теоретичний аналіз технологій виробництва брикетів та механізму формування брикетів з рослинної сировини, на основі чого сформульовали мету досліджень.
2. Результати експериментальних досліджень гідродинаміки фільтраційного сушіння подрібнених стебел сояшника показали, що гідравлічний опір рухові теплового агента не перевищує 20 кПа за фіктивної швидкості фільтрування теплового агента 0,4-2,0 м/с, що підтверджує доцільність застосування методу як енергозберігаючого.
3. Здійснили процес брикетування подрібнених стебел сояшника, визначили показники якості отриманих брикетів. Дослідили, що із зменшенням дисперсного складу сировини від >5,0 мм до 0,16...0,315 мм щільність брикетів зростає від 850 кг/м³ до 890 кг/м³; міцність брикетів на згинання становить 3,8 МПа, механічна міцність брикетів на стирання – 91,7 % та механічна міцність брикетів на скидання – 92,1 %, що підтверджує високу якість отриманих брикетів.

Література

1. Гелетуа Г.Г. Энергетический потенциал биомассы в Украине / Г.Г. Гелетуа, З.А. Марченко // Промышленная теплотехника : междунар. науч.-прикл. журнал. – 1998. – Т. 20, № 4. – С. 52-55.
 2. Гелетуа Г.Г. Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні / Г.Г. Гелетуа, Т.А. Железна // Промислова теплотехніка : наук.-техн. журнал. – 2010. – № 3. – С. 73-79.
 3. Шевченко О. Використання вторинних ресурсів для ефективного теплопостачання виробничих та побутових приміщень в сільській місцевості / О. Шевченко, В. Дубровін, В. Мироненко, П. Свич, І. Стовпник, О. Марчук // Науковий вісник НУБіП України : зб. наук. праць. – К. : Вид-во НУБіП України. – 2009. – № 134. – Ч. 2. – С. 7-14.

4. Науково-технічний центр "Біомаса". – План дій по біомасі для України. – К. : Вид-во "Біомаса", 2009. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.biomass.kiev.ua>.
 5. Симборський А.І. Сучасний стан і перспективи використання біотехнологій для виробництва електричної і теплової енергії в Україні / А.І. Симборський // Проблеми загальної енергетики : наук. зб. – 2004. – № 11. – С. 14-21.
 6. Макаруч О.Г. Ефективність використання біоенергетичного потенціалу сільськогосподарських підприємств : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: спец. 08.00.04 – "Економіка та управління підприємствами (за видами економічної діяльності)" / О.Г. Макаруч. – К. : Вид-во "Біомаса", 2010. – 20 с.
 7. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://press-briquet.blogspot.com>. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://brikk.info>. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://bioesurs.com>, brikk.com.ua.
 8. Трошин А.Г. Развитие процессов и оборудования для производства топливных брикетов из биомассы / А.Г. Трошин, В.Ф. Моисеев, И.А. Тельнов, С.И. Завинский // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – № 3/8 (45). – С. 36-41.
 9. Корінчук Д.М. Дослідження впливу технологічних факторів брикетування та параметрів компаундування на якісні показники композиційного торфодеревинного палива / Д.М. Корінчук // Відновлювана енергетика : наук.-прикл. журнал. – 2009. – № 1. – С. 63-70.
 10. Мальований М.С. Гранулювання паливних матеріалів / М.С. Мальований, Р.Я. Бать // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – Вип. 5/8 (59). – С. 10-14.
 11. Манзій С.О. Порівняльні характеристики гранульованого та брикетованого біопалива / С.О. Манзій, М.М. Копанський, О.Б. Ференц // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2010. – Вип. 20.3. – С. 88-90.
 12. Семірменко Ю.І. Дослідження залежності щільності брикетів із соломи озимої пшениці від її характеристик / Ю.І. Семірменко, С.Л. Семірменко // Вісник Сумського національного аграрного університету : наук. журнал. – Суми : Вид-во СНАУ. – 2010. – Вип. 1(21). – С. 86-90.
 13. Кіндзера Д.П. Сушіння у щільному шарі як метод інтенсифікації і енергозбереження / Д.П. Кіндзера, Я.М. Ханік, В.М. Атаманюк // Енергоефективність – 2002 : матер. Міжнар. наук.-техн. конф., 29-30 жовтня. – Київ. – С. 93.
 14. Атаманюк В.М. Гідродинаміка і тепломасообмін під час фільтраційного сушіння дисперсних матеріалів : дис. ... д-ра техн. наук / В.М. Атаманюк. – Львів, 2007. – 380 с.
 15. Кіндзера Д.П. Сушіння паливних матеріалів різнодисперсного складу у щільному шарі : дис. ... канд. техн. наук / Д.П. Кіндзера. – Львів; 2003. – 180 с.
 16. Кіндзера Д.П. Зернистий матеріал. Гідродинаміка полідисперсного шару / Д.П. Кіндзера, Я.М. Ханік, В.М. Атаманюк // Хімічна промисловість України : наук.-виробн. журнал. – К., 2002. – № 6. – С. 38-42.
 17. Мосюк М.І. Гідродинаміка стаціонарного шару подрібненої "енергетичної" верби під час фільтраційного сушіння / М.І. Мосюк, В.М. Атаманюк, Д.П. Кіндзера // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій Міністерство освіти і науки України. – Одеса : Вид-во ОНАХТ. – 2011. – Вип. 40. – Т. 1. – С. 197-202.
 18. Атаманюк В.М. Сушіння подрібнених стебел сояшника в умовах фільтрації теплоносія / В.М. Атаманюк, Д.П. Кіндзера, Р.Р. Говоский // Сучасні технології та обладнання харчових виробництв : зб. тез доп. Міжнар. наук.-техн. конф. – Тернопіль, 2011. – С. 188.
 19. Мосюк М.І. Кінетика і гідродинаміка подрібненої "енергетичної" верби / М.І. Мосюк, В.М. Атаманюк, Д.П. Кіндзера // Наукові здобутки молоді вирішення проблем харчування людства у XXI : зб. тез доп. 77-ї наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів. – К., 2011. – Ч. 2. – С. 17-18.
 20. Снежкін Ю.Ф. Композиційні палива на основі торфу і рослинної біомаси : монографія / Ю.Ф. Снежкін, Д.М. Корінчук, В.А. Михайлик. – К. : Вид-во "Либідь", 2012. – 211 с.

Атаманюк В.М., Кіндзера Д.П., Говоский Р.Р., Мотиль И.М. Исследование процесса формирования топливных брикетов из растительного сырья и определение их характеристик

Проведен аналіз технологій виробництва брикетів із растительного сировини, на основі чого обоснована необхідність досліджень, направлених на зниження енергоємності обладнання і підвищення якості брикетів. Обоснована цілесобразність використання фільтраційного методу для сушки измельченних стеблей подсолнечника. Представлены результаты исследований зависимости плотности брикетов

от степени измельчения сырья, а также прочности брикетов на изгиб, механической прочности на истирание и сброс.

Ключевые слова: альтернативные источники энергии, биомасса, измельченные стебли подсолнечника, гидродинамика, растительное сырье, топливные брикеты, фильтрационная сушка, прессование.

Atamanyuk V.M., Kindzera D.P., Gosovsky R.R., Motyl I.M. The study of the formation of fuel briquettes from plant materials and determination of their characteristics

The article analyzes the technologies of production of briquettes from plant material, on the basis of which the necessity of research aimed at reducing the power consumption of the equipment and the quality of briquettes. The expediency of using a filtration method for drying the crushed sunflower stalks. The results of investigations depending on the degree of density briquettes grinding of raw materials, as well as the flexural strength of the briquettes, mechanical abrasion resistance and rejection.

Keywords: alternative energy, biomass, ground sunflower stalks, hydrodynamics, vegetable raw materials, fuel briquettes, filtration drying, pressing.

УДК 623.7

*Аспір. В.В. Стасюк¹ – НТУ України
"Київський політехнічний інститут"*

АДАПТИВНИЙ МЕТОД РУХУ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ У МАЛОВІДОМОМУ ПРОСТОРИ

Подано розвиток напрямку безпілотних літальних апаратів (БПЛА) вітчизняної авіації. Зазначено, що безпілотні системи активно розробляються в геодезичній, агропромисловій, аерокосмічній галузях, використовуються в побуті тощо. БПЛА можуть бути реалізовані на основі програмної, адаптивної чи інтелектуальної систем керування. Запропоновано підхід до моделювання гнучких і розширюваних адаптивних навігаційних систем, а також моделі навігаційних правил, які реалізовані програмно й апаратно.

Ключові слова: адаптивна система керування, безпілотні літальні апарати, безпілотні системи, БПЛА, вітчизняна авіація, інтелектуальна система керування, моделювання, навігаційні правила, програмна система керування.

Постановка проблеми. У нашій країні, незважаючи на складні економічні та геополітичні умови, розвиток напрямку безпілотних літальних апаратів (БПЛА) відбувається в рамках розбудови вітчизняної авіації. В усьому світі цей напрямок активно розвивається, що безумовно підтримали вітчизняні дослідники. Безпілотні системи активно розробляються в геодезичній, агропромисловій, аерокосмічній галузях, використовуються в побуті та мають багато перспектив щодо їхнього практичного застосування. Інтерес дослідників до цієї галузі дав змогу за короткий час досягти певних результатів, але ще існує багато невирішених питань. Одним із важливих напрямів досліджень є проблема адаптації автономного БПЛА до зовнішнього середовища. Задача значно ускладнюється, якщо БПЛА літає на невеликій висоті над складним рельєфом. Тобто зовнішнє середовище невідоме або маловідоме та може змінюватися динамічно. Це породжує актуальні науково-практичні завдання, які необхідно вирішувати.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У літературних джерелах поняття безпілотний літальний апарат (скорочено БПЛА) вживається для визначення літальних апаратів, які призначені для польоту без екіпажу. Раніше ці апарати об'єднували поняттям безпілотна авіація – літаки, керування (пілотування) якими здійснюється без пілота, за допомогою приладів різних систем, що засобами радіо (радіолокації, телебачення) подають команди на автопілот. Елементи системи керування містяться поза літаком і можуть бути на землі, на воді і в повітрі, на місці старту, на маршруті польоту і в районі цілі. Можна окреслити основні типи завдань, які вирішують БПЛА. Наприклад, моніторинг повітряного простору, земної й водної поверхонь, керування повітряним рухом, ретрансляція зв'язку, військові та поліцейські завдання, екологічний контроль, перевезення вантажів у важкодоступні або небезпечні місця тощо. Для вирішення такого типу задач БПЛА повинен бути оснащений спеціальними сенсорами, що дають йому змогу позитивно впливати на навколишнє середовище системою оброблення інформації, яка реалізує його пізнавальні функції, а також машиною рішень для генерації дій.

БПЛА можуть бути реалізовані на основі однієї з таких систем керування: програмної, адаптивної чи інтелектуальної. Вибір схеми керування визначається задачею, цілями та обмеженнями щодо практичної реалізації, а також досвідом та знаннями дослідника, який проектує апарат. На сьогодні варто відзначити багато моделей та підходів, які використовуються для розробки та дослідження автономних та напіваавтономних БПЛА.

Розвиток БПЛА досить тісно пов'язаний із робототехнікою. Фактично безпілотний літальний апарат – це автономна мобільна платформа (робот). Деякі літературні джерела називають такі БПЛА дронами. Враховуючи, що робототехніка як галузь виникла в рамках досліджень з проблем штучного інтелекту, можна побачити певний зв'язок досліджень з теорії штучного інтелекту та підходів, що застосовуються для розробки автономних дронів. Наприклад, агентний підхід у штучному інтелекті розглядає проблеми взаємодії інтелектуального агента та зовнішнього середовища. Різні класи агентів і методи їх взаємодії розглянуто в роботах Д. Кеннеді і Р. Еберхарта, Д. Фербера, В. Бреннера, В. Хорошевського, В. Городецького, В. Тарасова й ін. Серед українських авторів можна відзначити В.А. Єрмолаєва, М.М. Глибовця, С.С. Гороховського та ін. Питання щодо мобільних роботів розглянуто в працях таких вчених, як: В.А. Голембо, П.В. Мокренко, О.В. Годич та ін.

Аналізуючи сучасний стан розробок у галузі створення автономних БПЛА, можна визначити задачі, які залишаються невирішеними. До таких проблем можна віднести обмеження щодо самостійності прийняття рішень, низький рівень адаптивності БПЛА, досить вузьку спеціалізацію до проблемної сфери та завдань.

Метою роботи є дослідження моделей адаптивної навігації для вирішення завдань пересування автономних літаючих об'єктів у динамічному, апріорі невідомому або маловідомому середовищі.

Виклад основного матеріалу. Поведінка БПЛА, як будь-якої інтелектуальної системи, обумовлена певними цілями, тобто безпілотний літальний апа-

¹ Наук. керівник: проф. Л.М. Щербак, д-р техн. наук