

*So considered in this case study of the oscillations of the flexible shaft with symmetrically (relative to its supports) of the saturated disc/drum shows that finding a common solution of nonlinear canonical system involves rather cumbersome calculations when finding the parameters of the canonical transformations.*

*In some cases, apparently, more simple solution could be perform a canonical transformation on the principle of averaging.*

**Key words:** *variable «grop-action», quantum mechanics, canonical averaging, significant nonlinearity, mechanical system*

УДК 635.82; 631.333.92

## **ВИБІР СТРУКТУРИ ЦЕХІВ ПО ВИРОБНИЦТВУ СУБСТРАТІВ ТА ВИРОЩУВАННЮ ГРИБІВ**

**Г. А. Голуб, доктор технічних наук  
Національний університет біоресурсів і  
природокористування України**

**О. І. Кепко, кандидат технічних наук  
Уманський національний університет садівництва  
e-mail: gagolub@mail.ru**

**Анотація.** *Будь яке промислове виробництво передбачає отримання прибутку. Мінімізація інвестицій, в тому числі і за рахунок зменшення капіталовкладень в будівництво, безпосередньо впливає на термін окупності інвестицій, що збільшує прибутки. Метою досліджень в цій роботі є оцінка можливості зменшення капітальних витрат при будівництві підприємства з виробництва субстратів та вирощуванню грибів за рахунок оптимізації капітальних витрат на будівництво при поєднанні декількох технологічних операцій в одному приміщенні. Оцінка варіантів проводилась за умови однакової вартості будівельних матеріалів та нормативної вартості будівельно-монтажних робіт для всіх варіантів виробництв. Оцінка проводилась за критерієм оптимізації структури цеху, який характеризується відношенням необхідної кількості будівельних матеріалів до об'ємної продуктивності цеху по субстрату. Вихідними матеріалами для дослідження є дані технологічних карт з вирощування грибів. Аналіз результатів досліджень дозволяє зробити висновки, що кращими є варіанти реалізації структури цеху при одній споруді на кожен технологічну операцію. Але в умовах покрокового розвитку підприємства з виробництва, грибів може бути використана схема за якою пророщення міцелію і*

© Г. А. Голуб, О. І. Кепко, 2016

*вирощування грибів проводять у одному культивуваційному приміщенні, тобто може бути запропонований варіант структурно-технологічної схеми, що передбачає поетапне введення в експлуатацію об'єктів виробництва з одержанням на кожному етапі товарної продукції.*

**Ключові слова:** *гриби, культивувація грибів, пастеризація субстрату, кондиціонування субстрату, гідроліз соломи, міцелій*

**Постановка проблеми.** Першочерговим фактором становлення та розвитку підприємства з виробництва субстратів та вирощуванню грибів (печериць, гливи) є величина капітальних витрат, які залежать від структури підприємства. Структура підприємства в свою чергу визначається прийнятою технологією виробництва, необхідністю побудови спеціальних споруд для виконання головних технологічних операцій: замочування, гідроліз соломи; ферментація компосту; пастеризація та кондиціонування субстрату; пророщення міцелію; підготовка покривного ґрунту; культивувація (вирощування) грибів [6–11, 14].

**Аналіз останніх досліджень.** Раніше нами було розроблено метод вибору обладнання для створення мікроклімату в культивуваційних приміщеннях для вирощування грибів [4], описано динаміку температури субстрату та повітря в системі споруд "рослинна теплиця – грибниця" [5], розроблено порядок розрахунку основних конструктивних параметрів стелажів для вирощування гливи звичайної та печериць [2, 3], визначено рівень виробництва грибів в господарствах зерно-птахівничого напрямку шляхом оптимізації питомого прибутку при обмеженнях пов'язаних з необхідністю підтримання балансу гумусу, запропоновано замкнуті системи вентиляції споруд закритого ґрунту [1, 6, 13].

Однак принципів синтезу та критеріїв для вибору оптимальної структури підприємства для виробництва субстрату, компосту та грибів за критерієм оптимізації структури цеху, який характеризується відношенням необхідної кількості будівельних матеріалів до об'ємної продуктивності цеху по субстрату, авторами в останніх дослідженнях та публікаціях не виявлено.

**Мета досліджень** – оцінити можливість зменшення капітальних витрат при будівництві підприємства з виробництва субстратів та вирощуванню грибів за рахунок оптимізації капітальних витрат на будівництво. Вихідними матеріалами є дані технологічних карт з вирощуванню грибів [8, 9, 10]. Методика дослідження полягає в послідовному розгляді варіантів компонування приміщень з подальшим їх порівнянням з метою отримання варіантів з найменшими капітальними витратами на будівництво.

**Результати досліджень.** Операції технологічного циклу проводять у спеціальних спорудах де виконують одну або більше технологічних операцій. Поєднання технологічних операцій може змінюватися у відповідності до багатоваріантності структурно-технологічних схем цехів (рис. 1). Критерієм вибору оптимальної структури підприємства може бути прийнято відношення величини капітальних витрат до продуктивності цеху (грн добу/м<sup>3</sup>):

$$\frac{K}{P} = \rho \tau_i m^{-1} \sum_{i=1}^n K_i \rightarrow \min \quad (1)$$

де:  $\rho$  – густина субстрату, кг/м<sup>3</sup>;  $m$  – маса субстрату, кг;  $\tau_i$  – найбільша тривалість циклу відповідного варіанту, діб;  $\sum_{i=1}^n K_i$  – загальна вартість технологічних споруд (капітальних витрат) по відповідному варіанту структурно-технологічної схеми, грн.

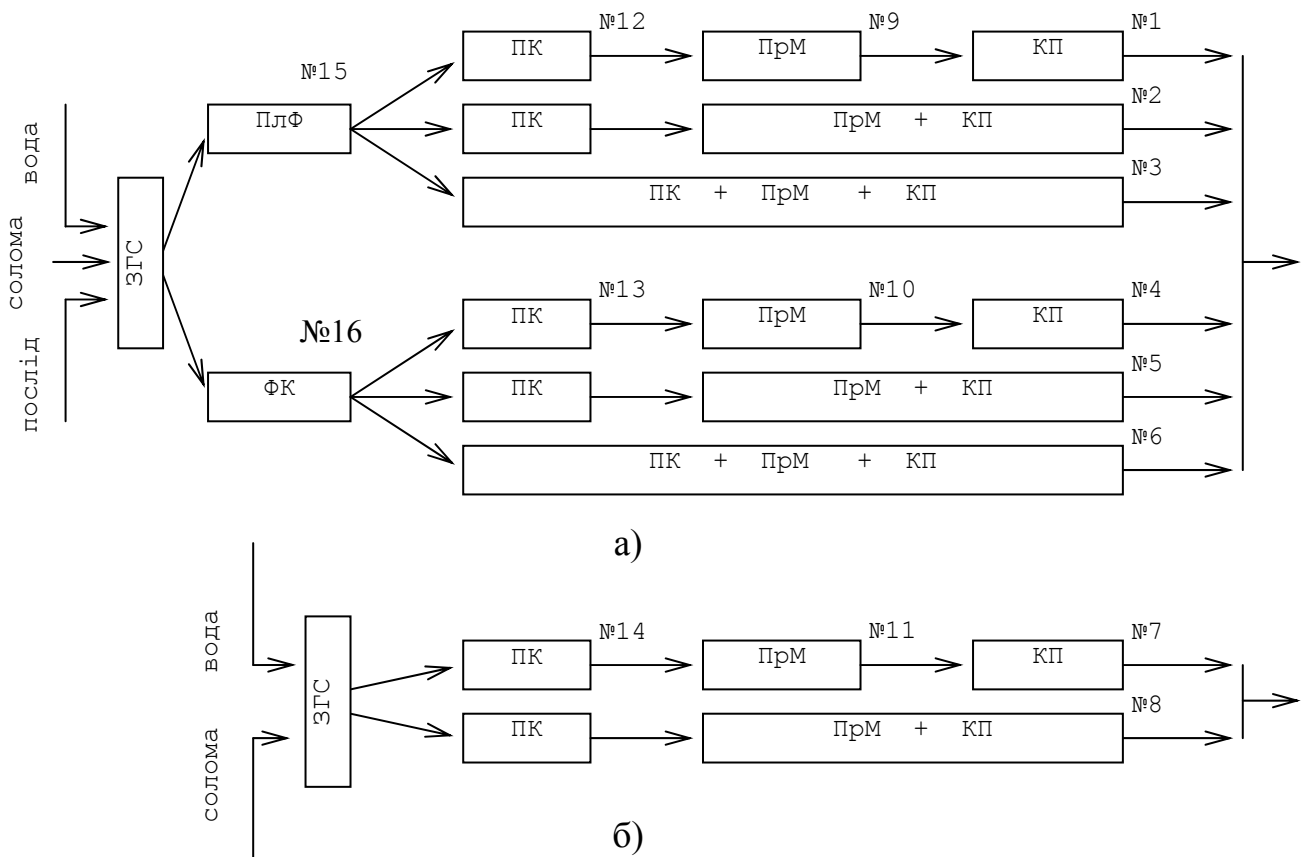


Рис. 1. Варіанти структурно-технологічних схем виробництва субстрату та вирощування печериці а) і гливи б): ЗГС – майданчик для замочування, гідролізу соломи; ПлФ – майданчик для ферментації компосту; ФК – камера для ферментації компосту; ПК – камера для пастеризації та кондиціонування субстрату; ПрМ – камера для пророщення міцелію; КП – культивційне приміщення для вирощування грибів.

Оцінка по цьому критерію дозволяє визначити структурно-технологічну схему виробничого цеху, яка дасть змогу організувати виробництво субстратів та грибів при найменших капітальних витратах. Вартість споруд визначалась за узагальненими нормативами вартості основних будівельних матеріалів без урахування витрат на машини та обладнання, вартість набору яких у кожному варіанті структурно-технологічних схем приблизно однакова. Капітальні витрати на будівництво відповідної споруди цеху визначаються:

$$K_i = m \rho^{-1} \beta k \alpha_i^{-1} q_i \delta_i \quad (2)$$

де:  $k$  – вартість одного кубічного метра будівельних матеріалів (бетону), грн/м<sup>3</sup>;  $\beta$  – коефіцієнт збільшення капіталовкладень на проведення будівельно-монтажних робіт;  $\alpha_i$  – коефіцієнт зменшення маси субстрату під час проведення операції технологічного циклу;  $q_i$  – коефіцієнт перерахування об'єму субстрату в площу елементів конструкції (огорожень) відповідної споруди, м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>;  $\delta_i$  – товщина елементів конструкції відповідної споруди, м.

З урахуванням (2), критерій вибору структури цеху, рівняння (1), спрощується і зводиться до вигляду:

$$\frac{K}{\Pi} = \beta k \tau_i \sum_{i=1}^n \alpha_i^{-1} q_i \delta_i \quad (3)$$

Однакова ціна будівельних матеріалів та нормативна вартість будівельно-монтажних робіт для всіх варіантів виробництв дає можливість, згідно (3), скористатися новим критерієм оптимізації структури цеху, який характеризується відношенням необхідної кількості будівельних матеріалів до об'ємної продуктивності цеху по субстрату і визначається (м<sup>3</sup>·добу/м<sup>3</sup>):

$$\gamma_i = \tau_i \sum_{i=1}^n \alpha_i^{-1} q_i \delta_i \rightarrow \min. \quad (4)$$

Вихідні дані для розрахунку та аналізу варіантів структурно-технологічних схем виробництва субстрату та вирощування грибів приведені у табл. 1, а результати розрахунків – у табл. 2.

### **1. Вихідні дані для розрахунку варіантів структурно-технологічних схем виробництва субстратів та вирощування грибів**

№ п.п.	Операція	Споруда	$\alpha_i$	$q_i$	$\delta_i$	$\tau_i$	$\alpha_i^{-1} q_i \delta_i$
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Замочування, гідроліз соломи	Майданчик	0,4	2	0,2	7	1,0
2.	Ферментація компосту	– “ – (ФК) Камера	0,4	2,5	0,2	16,5	1,25
			0,4	2,3	0,3	7	1,725

**Продовження табл. 1**

1	2	3	4	5	6	7	8
3.	Пастеризація та кондиціювання субстрату	– “ –	0,67	2,3	0,3	10	1,03
4.	Ферментація, пастеризація та кондиціювання субстрату	– “ –	0,4	2,3	0,3	14	1,725
5.	Пророщення міцелію	– “ –	0,9	2,3	0,3	13	0,767
6.	Пастеризація, кондиціювання субстрату та пророщення міцелію	– “ –	0,67	2,3	0,3	23	1,03
7.	Ферментація, пастеризація, кондиціювання субстрату та пророщення міцелію	– “ –	0,4	2,3	0,3	27	1,725
8.	Вирощування грибів	Культиваційне приміщення	1,0	8,0	0,4	49	3,2
9.	Пророщення міцелію та вирощування грибів	– “ –	0,9	8,0	0,4	62	3,556
10.	Пастеризація, кондиціювання субстрату, пророщення міцелію та вирощування грибів	– “ –	0,67	8,0	0,4	72	4,776

**2. Розрахунок варіантів структурно-технологічних схем виробництва субстрату та вирощування грибів**

№ варіанту	$\sum_{i=1}^n \alpha_i^{-1} q_i \delta_i$		$T_i$		$Y_i$		%
	*	**	*	**	*	**	
1	2	3	4	5	6	7	8
Виробництво грибів							
1	7,2	29	49	7	355	205	42
2	6,8	37	62	7	424	258	39
3	7,0	53	72	7	506	371	27
4	7,7	28	49	7	378	196	48
5	7,3	36	62	7	453	250	45
6	7,5	52	72	7	540	363	33
7	6,0	26	49	7	294	184	37
8	5,6	34	62	7	346	238	31
Виробництво субстрату з пророщенням міцелію							
9	4,0	6,8	18	7	67	48	28
10	4,5	5,6	13	7	59	39	33
11	2,7	7,7	27	7	74	54	27
Виробництво субстрату без пророщення міцелію							
12	3,3	5,4	18	7	54	38	30
13	3,8	4,2	10	7	38	29	22
14	2,7	4,5	14	7	38	31	18

**Продовження табл. 2**

1	2	3	4	5	6	7	8
Виробництво компосту							
15	2,3	3,9	16,5	7	37	28	26
16	2,7	2,7	7	7	19	19	0

\* – по варіанту реалізації структури цеху при одній споруді на кожен технологічну операцію;

\*\* – по варіанту реалізації структури цеху при одній споруді на декілька технологічних операцій.

Для кращої візуалізації результатів представимо зміну витрат по варіантам структур цеху при оптимальній кількості споруд на кожен технологічну операцію у вигляді графіка, представивши зміну витрат у відсотках (рис. 2).

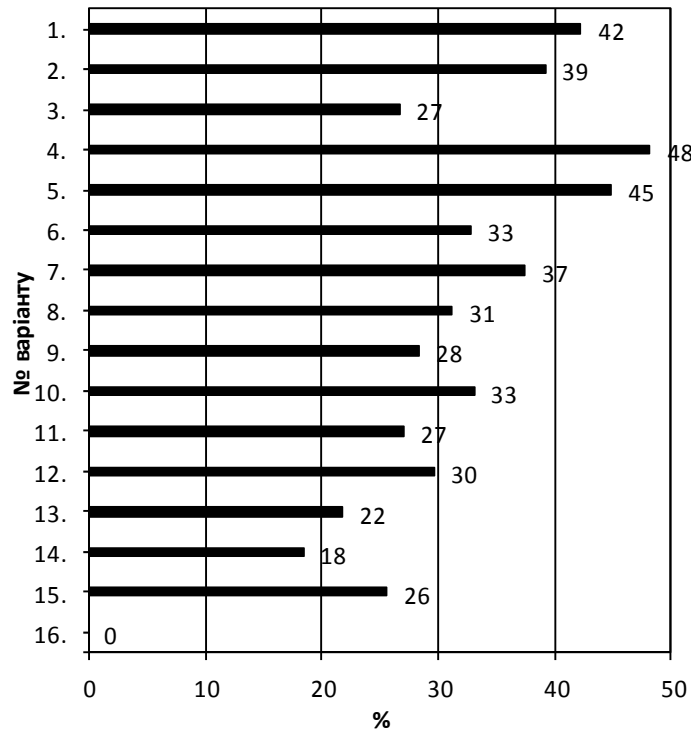


Рис. 2. Зміна витрат по варіантам структур цеху.

**Висновки**

Аналіз результатів досліджень дозволяє зробити висновки, що кращими є варіанти реалізації структури цеху при одній споруді на кожен технологічну операцію.

В умовах становлення галузі виробництва, грибів, при відсутності спеціальних машин, серед малих та фермерських господарств найбільшого поширення набуває схема, за якою пророщення міцелію і вирощування грибів проводять у одному культивацийному приміщенні.

При цьому субстрат, засіяний міцелієм запаковують у мішки чи спеціальні пакети, які розміщують на стелажах. Незважаючи на збільшення питомих капітальних витрат, така схема не потребує додержання жорстких санітарних умов і дещо зменшує ризик та втрати у разі пошкодження частини урожаю.

Оптимальний варіант структурно-технологічної схеми, що рекомендується до виробництва, передбачає поетапне введення в експлуатацію об'єктів виробництва і з одержанням на кожному етапі товарної продукції.

Так, введення в дію площадки замочування, гідролізу соломи та ферментаційної камери дозволяє розпочати виробництво компосту, який є товарною продукцією і тому може забезпечити подальше розширення цеху за рахунок самофінансування з поступовим переходом до виробництва грибів.

### Список літератури

1. *Гірченко М. Т.* Замкнута система вентиляції споруд закритого ґрунту [Текст] / *М. Т. Гірченко, Г. А. Голуб, О. І. Кепко* // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь: ТДАТА, 2006. – Вип. 39. – С. 200–205.
2. *Голуб Г.* Конструктивні параметри стелажів для вирощування гливи звичайної [Текст] / *Г. Голуб* // Техніка АПК. – К.: – 2004. – № 8. – С. 18–19.
3. *Голуб Г.* Конструктивні параметри стелажів для вирощування печериць [Текст] / *Г. Голуб* // Техніка АПК. – К.: – 2005. – № 9. – С. 30–31.
4. *Голуб Г.* Мікроклімат споруд для вирощування грибів [Текст] / *Г. Голуб* // Вісник аграрної науки. – К.: – 2003. – № 10. – С. 46–49.
5. *Голуб Г. А.* Динамічні характеристики грибного приміщення в замкнутій системі вентиляції [Текст] / *Г. А. Голуб, О. І. Кепко* // Електрифікація та автоматизація сільського господарства. – 2004. – № 4(9). – С. 51–57.
6. *Голуб Г. А.* Основні принципи та технічні засоби для біоконверсії органічної сировини агроценозів [Текст] / *Г. А. Голуб, О. І. Кепко* // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технології для сільського господарства України: Збірник наукових праць / Укр. НДІ прогнозування та випробування техніки і технології для с.-г. виробництва імені Леоніда Погорілого (УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого); Редкол. В. В. Іванишин (гол. ред.) та ін. – Дослідницьке, 2006. – Вип. 9 (23), кн. 2. – С. 59–70.
7. *Голуб Г. А.* Особливості біотехнологічного процесу виробництва субстрату для вирощування гливи [Текст] / *Г. А. Голуб, О. М. Гайденко, О. І. Кепко* // Зб. наук. пр. Вінницького НАУ, серія тех. науки, вип. 7, – Вінниця. – 2011. – С. 67–73.
8. *Голуб Г. А.* Технологічний процес виробництва компостів на основі пташиного посліду та соломи [Текст] / *Г. А. Голуб*. – К.: Наук. світ., 2003. – 23 с. – Бібліогр.: С. 22. ISBN 966-675-218-2.
9. *Голуб Г. А.* Технологічний процес виробництва субстрату для вирощування печериць [Текст] / *Г. А. Голуб*. – К.: Наук. світ. – 2005. – 22 с. – Бібліогр.: с. 21. ISBN 966-675-363-4.
10. *Голуб Г. А.* Технологічний процес виробництва субстрату для вирощування гливи методом ферментації в пастеризаційній камері [Текст] / *Г. А. Голуб, Г. Л. Абросімова, О. М. Гайденко, О. І. Кепко, А. І. Томащук*. – К.: Наук. світ. – 2010. – 30 с. – Бібліогр.: С. 29. ISBN 978-966-675-626-1.

11. Голуб Г. А. Інженерія виробництва гливи. Монографія [Текст] / Г. А. Голуб, О. М. Гайденко, О. І. Кепко. – Кіровоград: СПД ФО Лисенко В.Ф., 2012. – 448 с. – Бібліогр.: С. 359. ISBN 978-966-2570-35-9.
12. Кепко О. І. Замкнуті системи опалення та вентиляції в закритому ґрунті. Монографія [Текст] / О. І. Кепко. – Візаві. – Умань., 2012. – 168 с. – Бібліогр.: С. 157. ISBN: 978-966-2643-48-0
13. Кепко О. І. Використання замкнутої системи опалення та вентиляції в спорудах закритого ґрунту [Текст] / О. І. Кепко, Г. А. Голуб, С. А. Вдовенко // Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. – Вінниця, 2007. – Вип. 31. – С. 49–52.
14. Патент 95739 Україна. МПК А01G 1/04 (2006). Лінія виробництва субстрату із соломи для вирощування грибів [Текст] / Голуб Г. А.; Лук'янець В. О.; Кепко О. І.; Гайденко О. М. (Україна) – № а201009495; Заявлено 29.07.2010; опубл. 25.08.2011. Бюл. № 16.

### References

1. Hirchenko, M. T., Holub, H. A., Kepko, O. I. (2006). Zamknuta systema ventylyatsiyi sporud zakrytoho gruntu [Tekst] [Closed system ventilation facilities closed ground]. Works of Tavria State Agrotechnical Academy: Melitopol': TDATA, Vyp. 39. 200–205.
2. Holub, H. (2004). Konstruktyvni parametry stelazhiv dlya vyroshchuvannya hlyvy zvychnoyi [Tekst] [Design parameters of the racks for the cultivation of oyster mushroom]. Technique AIC. K.: 8, 18–19.
3. Holub, H. (2005). Konstruktyvni parametry stelazhiv dlya vyroshchuvannya pecheryts' [Tekst] [Design parameters of the racks for the cultivation of oyster mushroom]. Technique AIC. K.: 9, 30–31.
4. Holub, H. (2003). Mikroklimat sporud dlya vyroshchuvannya hrybiv [Tekst] [The microclimate of structures for growing mushrooms]. Bulletin of agricultural science. K.: 10, 46–49.
5. Holub, H. A., Kepko, O. I. (2004). Dynamichni kharakterystyky hrybnoho prymishchennya v zamknutiy systemi ventylyatsiyi [Tekst] [The dynamic characteristics of the mushroom facilities in a closed system, ventilation]. Electrification and automation of agriculture, 4(9), 51–57.
6. Holub, H. A., Kepko, O. I. (2006). Osnovni pryntsypy ta tekhnichni zasoby dlya biokonversiyi orhanichnoyi syrovyny ahrotsenoziv [Tekst] [Basic principles and technical means for the bioconversion of organic raw materials agriculture]. Technical and technological aspects of the development and testing of new equipment and technologies for agriculture of Ukraine: Zbirnyk naukovykh prats' / Ukr. NDI prohnouzuvannya ta vyprobuvannya tekhniky i tekhnolohiyi dlya s.-h. vyrobnytstva imeni Leonida Pohoriloho (UkrNDIPVT im. L. Pohoriloho); Redkol. V. V. Ivanyshyn (hol. red.) ta in. Doslidnyts'ke, Vyp. 9 (23), kn. 2, 59–70.
7. Holub, H. A., Haydenko, O. M., Kepko, O. I. (2011). Osoblyvosti biotekhnolohichnoho protsesu vyrobnytstva substratu dlya vyroshchuvannya hlyvy [Tekst] [Features the biotechnological production process of substrate for growing oyster mushrooms]. Zb. nauk. pr. Vinnyts'koho NAU, seriya tekhn. nauky, vyp. 7, Vinnytsya, 67–73.
8. Holub, H. A. (2003). Tekhnolohichnyy protses vyrobnytstva kompostiv na osnovi ptashynoho poslidu ta solomy [Tekst] [The technological process of production of compost based on bird droppings and straw]. K.: Nauk. svit., 23, Bibliohr.: 22. ISBN 966-675-218-2.



9. Holub, H. A. (2005). Tekhnolohichnyy protses vyrobnytstva substratu dlya vyroshchuvannya pecheryts' [Tekst] [The manufacturing process of the substrate for growing mushrooms]. K.: Nauk. Svit, 22, Bibliohr.: 21. ISBN 966-675-363-4.
10. Holub, H. A., Abrosimova, H. L., Haydenko, O. M., Kepko, O. I., Tomashchuk, A. I. (2010). Tekhnolohichnyy protses vyrobnytstva substratu dlya vyroshchuvannya hlyvyv metodom fermentatsiyi v pasteryzatsiyeni kameri [Tekst] [The manufacturing process of the substrate for growing oyster mushrooms by fermentation in pasteryzation camera]. K.: Nauk. Svit, 30, Bibliohr.: 29. ISBN 978-966-675-626-1.
11. Holub, H. A., Haydenko, O. M., Kepko, O. I. (2012). Inzheneriya vyrobnytstva hlyvyv. Monohrafiya [Tekst] [Engineering of oyster production. Monograph]. Kirovohrad: SPD FO Lysenko V.F., 448, Bibliohr.: 359. ISBN 978-966-2570-35-9.
12. Kepko, O. I. (2012). Zamknuti systemy opalennya ta ventilyatsiyi v zakrytomu grunti. Monohrafiya [Tekst] [Closed systems of heating and ventilation in greenhouses. Monograph]. Vizavi. Uman'., 168, Bibliohr.: 157. ISBN: 978-966-2643-48-0.
13. Kepko, O. I., Holub, H. A., Vdovenko, S. A. (2007). Vykorystannya zamknuoyi systemy opalennya ta ventilyatsiyi v sporudakh zakrytoho gruntu [Tekst] [The use of a closed system of heating and ventilation in buildings protected ground]. Collection of Scientific Works of Vinnytsia State Agrarian University. Vinnytsya, Vyp. 31, 49–52.
14. Patent 95739 Ukrayina. MPK A01G 1/04 (2006). Liniya vyrobnytstva substratu iz solomy dlya vyroshchuvannya hrybiv [Tekst] [Production line substrate of straw for growing mushrooms] / Holub, H. A.; Luk"yanets', V. O.; Kepko, O. I.; Haydenko, O. M. (Ukrayina). № a201009495; Zayavleno 29.07.2010; opubl. 25.08.2011. Byul. № 16.

## **ВЫБОР СТРУКТУРЫ ЦЕХОВ ПО ПРОИЗВОДСТВУ СУБСТРАТОВ И ВЫРАЩИВАНИЮ ГРИБОВ**

**Г. А. Голуб, А. И. Кепко**

**Аннотация.** Любое промышленное производство предусматривает получение прибыли. Минимизация инвестиций, в том числе и за счет уменьшения капиталовложений в строительство, непосредственно влияет на срок окупаемости инвестиций, увеличивает прибыли. Целью исследований в этой работе является оценка возможности уменьшения капитальных затрат при строительстве предприятия по производству субстратов и выращиванию грибов за счет оптимизации капитальных затрат на строительство при сочетании нескольких технологических операций в одном помещении. Оценка вариантов проводилась при одинаковой стоимости строительных материалов и нормативной стоимости строительно-монтажных работ для всех вариантов производств. Оценка проводилась по критерию оптимизации структуры цеха, которая характеризуется отношением необходимого количества строительных материалов в объемной производительности цеха по субстрату. Исходными материалами для исследования являлись данные технологических карт по выращиванию грибов. Анализ результатов исследований позволяет сделать выводы,

что лучшими есть варианты реализации структуры цеха при одном здании на каждую технологическую операцию. Но в условиях поэтапного развития предприятия по производству грибов может быть использована схема по которой проращивания мицелия и выращивание грибов проводят в одном культивационных помещении, то есть может быть предложен вариант структурно-технологической схемы, предусматривающей поэтапное введение в эксплуатацию объектов производства с получением на каждом этапе товарной продукции.

**Ключевые слова:** грибы, культивация грибов, пастеризация субстрата, кондиционирования субстрата, гидролиз соломы, мицелий

## **SELECTION OF PLANTS FOR PRODUCTION OF SUBSTRATES AND CULTIVATION OF MUSHROOMS**

**G. A. Golub, O. I. Kepko**

**Abstract.** Any industrial production implies a profit. Minimizing investment, including by reducing investment in construction, directly affects the payback period of investment that increases profits. The goal of research in this paper is to assess the possibility of reducing the capital costs of building enterprise for the production of substrates and mushroom cultivation by optimizing capital costs for construction of the combination of several technological operations in one place. Evaluation of options held under conditions of equal value building materials and standard cost of construction works for all of your productions. The valuation was performed by the criterion of optimizing the structure of the workshop, which is characterized by the ratio of the required number of building materials to bulk plant productivity on the substrate. The starting materials for research are data flow charts for growing mushrooms. Analysis of the results of research to draw conclusions that are preferred embodiments of the structure of the plant at one building for each technological operation. But in a step-wise development of enterprises producing fungi can be used for the scheme which germination mycelium and mushroom cultivation is carried out in a cultivation room that can be offered the option of structural and technological scheme, which provides for the phased commissioning of production facilities to afford to each stage of commodity production.

**Key words:** mushrooms, cultivation of mushrooms, pasteurized substrate conditioning substrate hydrolysis straw mycelium