

## МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРІОДИЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОЩУВАННЯ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ДРІЖДЖІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МОВИ UML

*Ю.О. Чорна, аспірант*

*В.Г. Трегуб, доктор технічних наук*

*Національний університет харчових технологій України*

*Розглядається біотехнологічний процес вирощування хлібопекарських дріжджів, що здійснюється за періодичним способом та характеризується наступними стадіями: складка, накопичення, дозрівання, вивантаження та очищення. Математична модель апарата для вирощування хлібопекарських дріжджів складається з логічної та динамічної частини. Для опису логічної частини використовується уніфікована мова моделювання UML.*

*Апарат періодичної дії, логічна частина, динамічна частина, діаграма класів, діаграма послідовності, діаграма діяльності.*

Мікробіологічна промисловість є багатогранною галуззю, яка пов'язана з медициною, харчовою промисловістю, генною та клітинною інженерією, сільським господарством. Виробництво хлібопекарських дріжджів є однією із багатьох складових мікробіологічної промисловості. В минулі роки і до сьогодення досить велика увага приділяється розвитку дріжджової промисловості, яка направлена на підвищення якісних та кількісних показників технологічного процесу.

**Мета досліджень** – актуальною задачею являється створення системи оптимального управління, яка повинна ґрунтуватися на сучасних наукових підходах. Для вирішення поставленої задачі необхідно побудувати математичну модель, яка буде адекватна технологічному процесу вирощування хлібопекарських дріжджів.

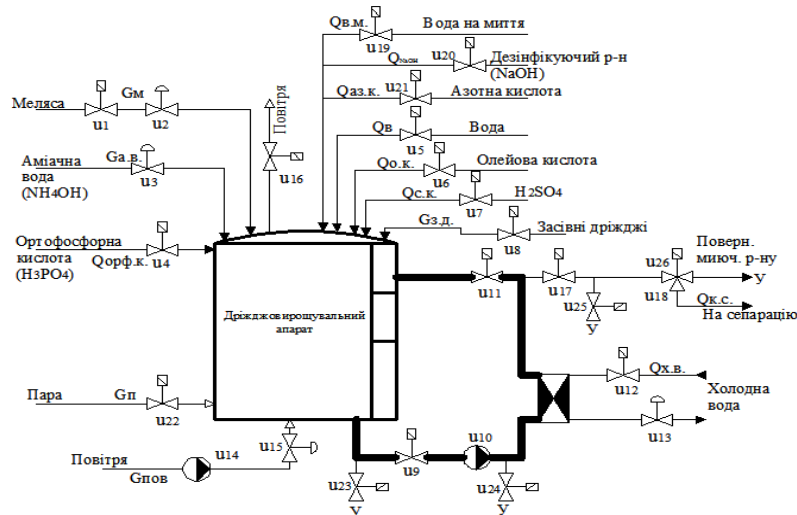
Математичне моделювання дозволяє здійснити аналіз та синтез процесу вирощування хлібопекарських дріжджів, а також відобразити функціонування складного технологічного апарата. Математичне моделювання мікробіологічного процесу вирощування дріжджів зводиться до оцінки швидкості протікання біохімічних процесів, які в свою чергу визначаються швидкістю біохімічного росту мікроорганізмів у залежності від параметрів середовища, що забезпечують перебіг даного процесу [1].

**Методика досліджень.** В ряді галузей харчової промисловості основні технологічні процеси відбуваються в апаратах періодичної дії (АПД). До них відносяться дріжджі вирощувальні апарати для виробництва хлібопекарських дріжджів, вакуум – апарати і мішалки з охолодженням для кристалізації цукру тощо. Математична модель АПД має логіко-динамічну структуру (ЛДС). Логічна підсистема ЛДС описує послідовність перемикачів на різних стадіях циклу, фактично вона являється алгоритмом управління апаратом. Динамічна підсистема описує реакцію інерційного об'єкта на керуючі впливи та збурення [2].

Мікробіологічний процес вирощування хлібопекарських дріжджів, що здійснюється за періодичним способом складається з наступних стадій: складки, накопичення, дозрівання, вивантаження, очищення. Основною є стадія накопичення. Стадія очищення складається з мийки, дезінфекції та пропарки [3].

Спрощена технологічна схема апарата для вирощування хлібопекарських дріжджів (АВХД) наведена на рис. 1, де кожен клапан та матеріальний потік мають свої певні умовні позначення: витрата меляси  $G_m$ , відповідні їй дискретний  $U1$  та аналоговий  $U2$  клапани; витрата аміачної води  $G_{a.v.}$ , відповідний аналоговий клапан  $U3$ ; об'єм ортофосфорної кислоти  $Q_{орф.к.}$ , відповідний дискретний клапан  $U4$ ; об'єм води  $Q_g$ , відповідний дискретний клапан  $U5$ ; об'єм олеїнової кислоти  $Q_{o.к.}$ , відповідний дискретний клапан  $U6$ ; об'єм сірчаної кислоти  $Q_{c.к.}$ , відповідний дискретний клапан  $U7$ ; кількість засівних дріжджів  $G_{з.д.}$ , відповідний дискретний клапан  $U8$ ; витрата холодної

води на охолодження культурального середовища  $Q_{x.в.}$ , відповідні дискретний  $U12$  та аналоговий  $U13$  клапани; витрата повітря на аерацію культурального середовища  $G_{нов.}$ , відповідно насос подачі повітря  $U14$ , аналоговий клапан  $U15$ , дискретний клапан  $U16$ ; витрата культурального середовища на сепарацію  $Q_{к.с.}$ , відповідні дискретні клапани  $U17$  та  $U18$ ; витрата води на миття апарату  $Q_{в.м.}$ , відповідний дискретний клапан  $U19$ ; витрата дезінфікуючого розчину  $Q_{NaOH}$ , відповідний дискретний клапан  $U20$ ; витрата азотної кислоти  $Q_{аз.к.}$ , відповідний дискретний клапан  $U21$ ; витрата пари  $G_n$ , відповідний дискретний клапан  $U22$ . Також на схемі позначенні вихідні потоки  $Y$ , що відповідають за вивантаження миючого та дезінфікуючого розчинів з відповідними дискретними клапанами  $U23$ ,  $U24$ ,  $U25$  та  $U26$ .



**Рис. 1.** Технологічна схема апарату для періодичного вирощування хлібопекарських дріжджів

Логічна підсистема АВХД для стадії складки представлена у вигляді табличної параметричної логіко-динамічної моделі (табл.), де використовуються наступні позначення:  $p_1, p_2, \dots$  – логічні умови;  $U_1^1, U_2^1, \dots$  – команди на відкриття клапанів подачі меляси та сірчанокислого амонію;  $U_1^0, U_2^0, \dots$  – команди на закриття клапанів подачі меляси та сірчанокислого амонію;  $A_1, A_2, \dots$  – позиційні оператори;  $D^{\tau 13}(U_3), D^{\tau 14}(U_2), \dots$  – відповідно функції затримки на час  $\tau 13$  після відкриття клапана  $U_3$ , функція затримки на час  $\tau 14$  після відкриття клапана  $U_2$ .

**Параметрична логіко-динамічна модель мікробіологічного процесу  
вирощування хлібопекарських дріжджів**

Стадія і операція	Логічна умова	Управління		Реакція об'єкта
		Опера-тори	Коман-ди	
1	2	3	4	5
<b>Стадії</b> <b>1. Складка</b>				
1.1. подача води, меляси, аміачної та ортофосфорної кислоти	$p_1(h_0 \wedge \bar{U}_1 \wedge \bar{U}_2 \wedge \bar{U}_3 \wedge \bar{U}_4 \wedge \bar{U}_5 \wedge \bar{U}_6 \wedge \bar{U}_7 \wedge \bar{U}_8 \wedge \bar{U}_9 \wedge \bar{U}_{10} \wedge \bar{U}_{11} \wedge \bar{U}_{12} \wedge \bar{U}_{13} \wedge \bar{U}_{14} \wedge \bar{U}_{15} \wedge \bar{U}_{16} \wedge \bar{U}_{17} \wedge \bar{U}_{18} \wedge \bar{U}_{19} \wedge \bar{U}_{20} \wedge \bar{U}_{21} \wedge \bar{U}_{22} \wedge \bar{U}_{23} \wedge \bar{U}_{24} \wedge \bar{U}_{25} \wedge \bar{U}_{26})$	$A_1$	$U_5^1$ $U_1^1 \wedge U_2^1$ $U_3^1 U_4^1$	$h = f_1(Q_{a0}, G_{i0}, G_{a.a.0}, Q_{i\delta\delta.\epsilon.0}, \tau)$
1.2. Закінчення подачі води	$p_2(Q_{a0})$	$A_2$	$U_5^0$	
1.3. Закінчення подачі меляси	$p_3(G_{i0})$	$A_3$	$U_1^0 U_2^0$	
1.4. Закінчення подачі аміачної води	$p_4(G_{a.a.0})$	$A_4$	$U_3^0$	
1.5. Закінчення подачі ортофосфорної кислоти	$p_5(Q_{i\delta\delta.\epsilon.0})$	$A_5$	$U_4^0$	
1.6. подача засівних дріжджів	$p_6(\delta I \wedge t)$	$A_6$	$U_8^1$	$h = f_2(V_1, G_{\zeta.a.}, \tau)$ $B = f_3(V_1, G_{\zeta.a.}, pH, t, \tau)$
1.7. Закінчення подачі засівних дріжджів	$p_7(Q_{\zeta.a.})$	$A_7$	$U_8^0$	

**Результати досліджень.** Для моделювання логічної підсистеми апарата для вирощування хлібопекарських дріжджів (АВХД) використовуємо уніфіковану мову моделювання UML, яка є загальноцілювою мовою візуального моделювання і ефективно використовується для побудови концептуальних, логічних і графічних моделей складних систем різного цільового призначення.

Візуальне моделювання в UML [4] представляють як деякий процес переходу від найбільш загальної моделі складної системи до логічної. Усі

уявлення про модель фіксують у вигляді графічних конструкцій, що мають назву діаграм. На даний час в термінах мови UML застосовують біля 10 діаграм, використовуємо тільки ті з них, з допомогою яких у подальшому можна буде синтезувати алгоритм логічного управління АВХД.

Діаграма класів (classdiagrams) показує структуру системи (рис.2) та визначається наступними компонентами: це власне АВХД, який представлений як Apparatus, та контролер - Controller.

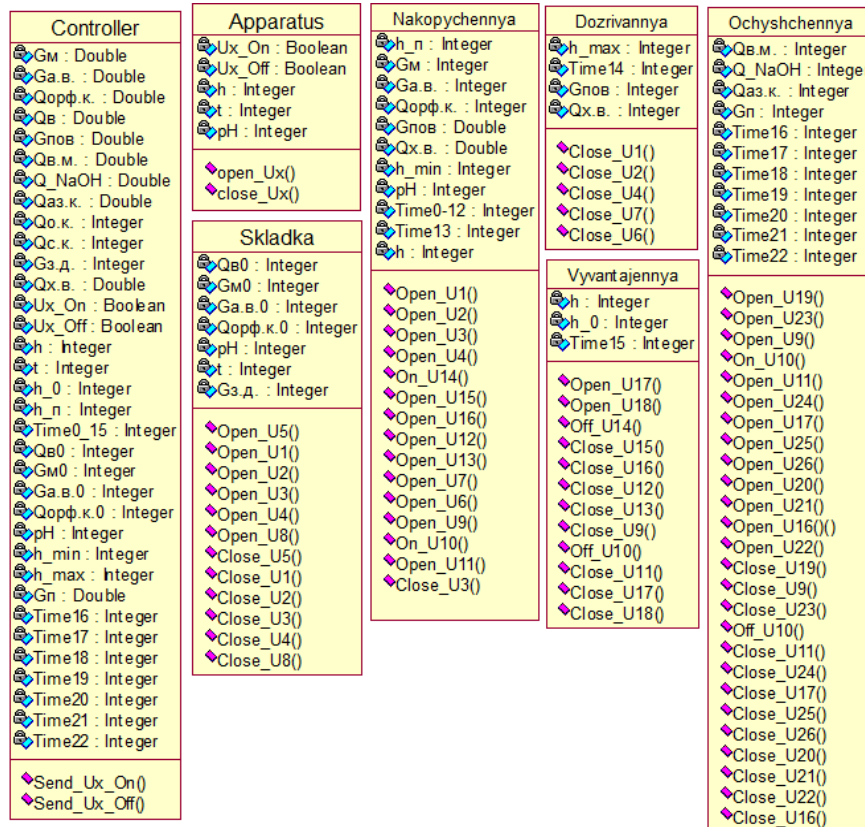


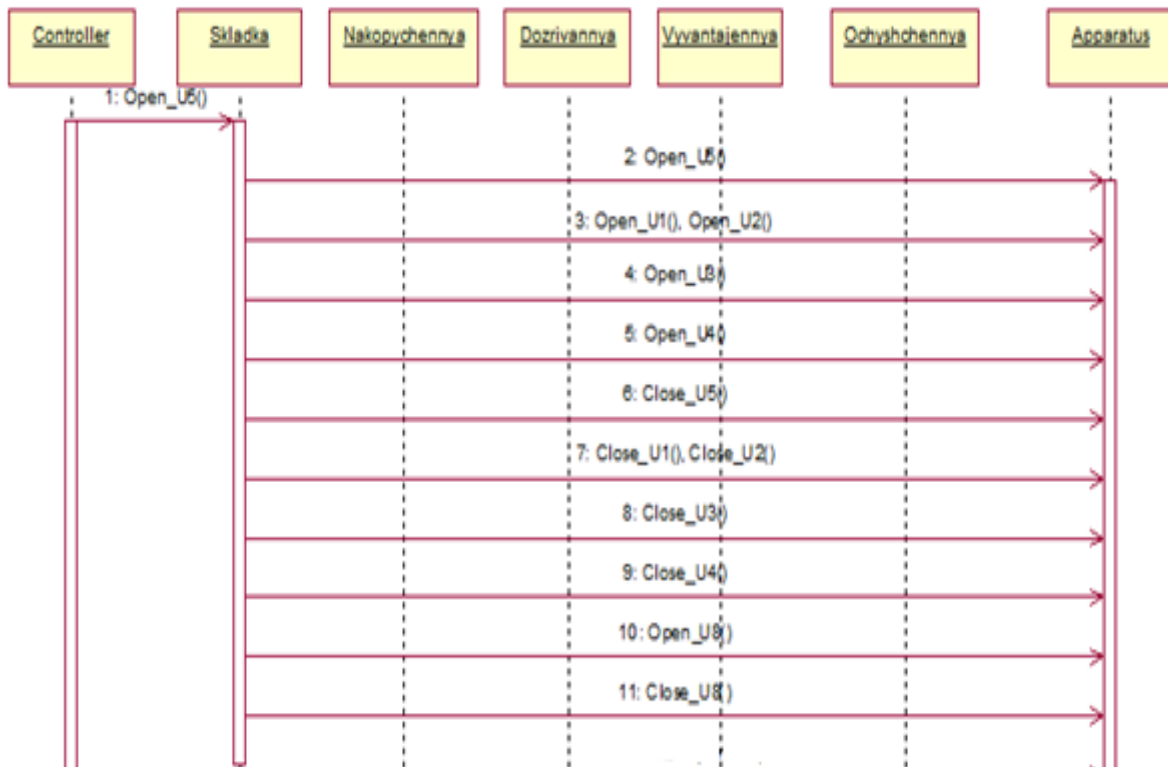
Рис. 2. Діаграма класів процесу вирощування дріжджів

Оскільки даний апарат є багатостадійним, то після декомпозиції кожна стадія представлена відповідним компонентом, так наприклад, Skladka – відповідає стадії складка. До атрибутів входять об’єм води  $Q_{v,0}$ , кількість меляси  $G_{m,0}$ , кількість аміачної води  $G_{a.v,0}$ , об’єм ортофосфорної кислоти  $Q_{i\dot{o}.e,0}$ , кількість засівних дріжджів  $G_{z.d,0}$ , значення  $pH$  та температури  $t$  культурального середовища. Також даний клас містить операції, що керують даними потоками, тобто відкриттям за закриттям відповідних клапанів.

Відповідно Nakopuchennya, Dozrivannya, Vyvantajennya та Ochyshchennya відповідають стадіям накопичення, дозрівання, вивантаження та очищення.

Для того, щоб охарактеризувати логічне управління АВХД використаємо дві діаграми: діаграму послідовності та діаграму діяльності.

Діаграма послідовності (sequencediagrams) показує часову послідовність переходів між стадіями процесу апарата . Дана діаграма має дві осі: вертикальна представляє час, горизонтальна – об'єкти Controller, Skladka, Nakopuchennya, Dozrivannya, Vyvantajennya, Ochyshchennya та Apparatus.



**Рис. 3.** Діаграма послідовності для стадії Skladka процесу вирощування дріжджів

Для стадії Skladka діаграма послідовності наведена на рис. 3 і характеризується тим, що надходить сигнал від Controller до Skladka про початок завантаження апарата, тобто відкриття клапана U5 подачі води. Дане повідомлення від Skladka передається до компоненти Apparatus із відповідною дією, яка повинна бути виконана компонентою, що його сприймає. Аналогічно здійснюються обмін повідомленнями між наступними стадіями та Apparatus.

Діаграма діяльності (activitydiagrams) описує зміну стану об'єкта та графічно зображується у вигляді графа діяльності, вершинами якого являються

дії, а дугами—переходи від однієї дії до другої. Для класу Controller діаграма діяльності наведена на рис.4.

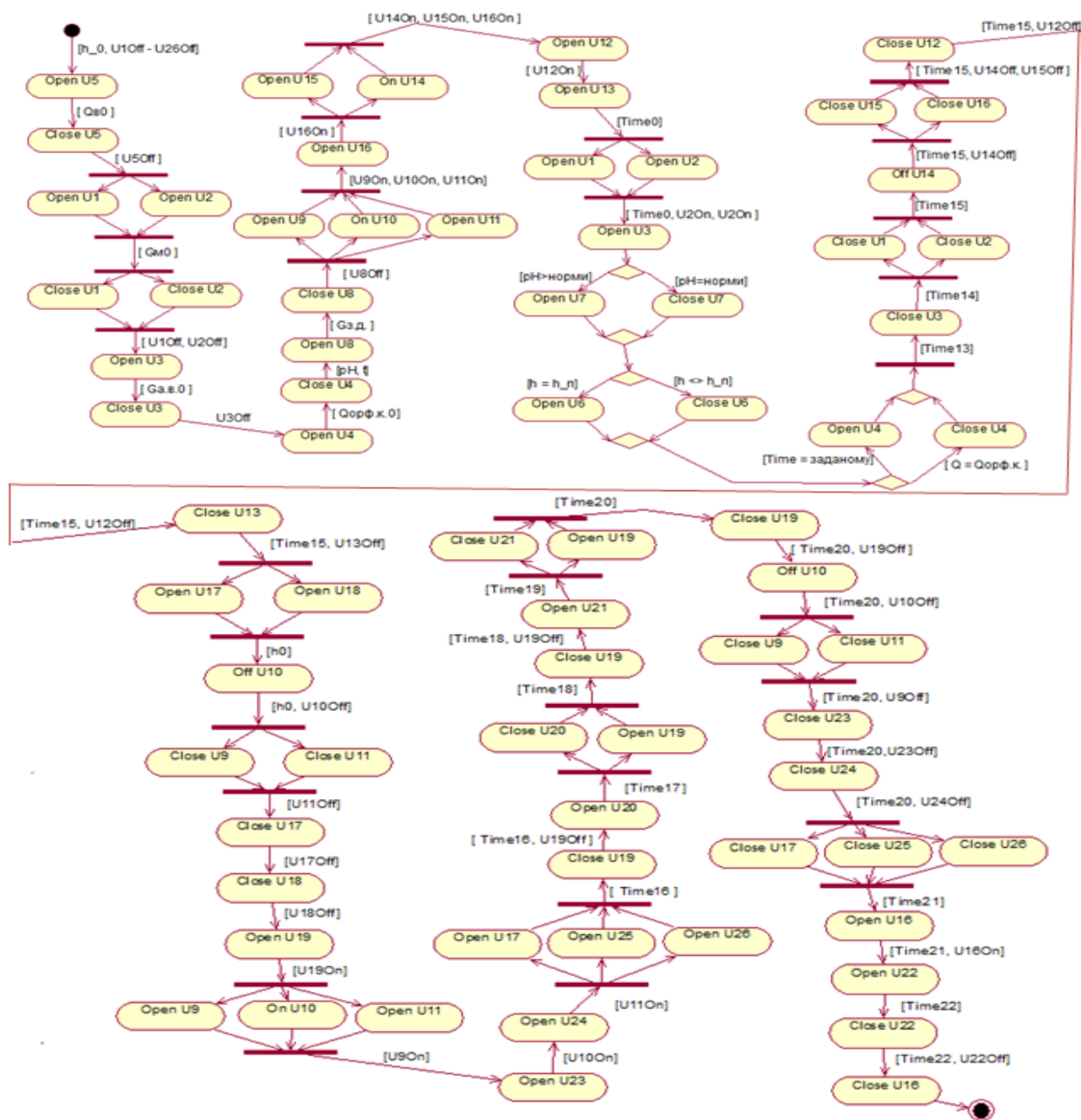


Рис. 4. Діаграма діяльності процесу вирощування дріжджів

Початок процесу вирощування хлібопекарських дріжджів характеризується порожнім апаратом  $h_0$  та закритими клапанами  $U10off - U26off$ . Після виконання цієї умови розпочинається стадія Skladka та відкривається клапан  $U5$  подачі води.

Коли подано заданий об'єм води даний клапан закривається при виконанні умови  $Q_{60}$ , що записана у квадратних дужках. Далі, коли клапан  $U5$

закривається *U5Off*, відкриваються клапани подачі меляси до апарату *Open U1* та *Open U2*. Надалі перехід від дії до дії здійснюється аналогічно при виконанні умов переходу.

### Висновки

Отже, для опису логічної підсистеми процесу вирощування хлібопекарських дріжджів використовується об'єктно-орієнтована мова програмування UML. Розроблені діаграми класів, послідовності та діяльності дозволяють відобразити часові та логічні зв'язки між контролером та апаратом, а також між апаратом та всіма стадіями циклу процесу вирощування хлібопекарських дріжджів.

### Список літератури

1. Дворецкий Д.С. Компьютерное моделирование биотехнологических процессов и систем/ Д.С. Дворецкий, С.И. Дворецкий, Е.И. Муратова, А.А. Ермаков. – Тамбов.: Издательство ТГТУ, 2005. С. 19–22.
2. Трегуб В.Г. Автоматизация периодических процессов в пищевой промышленности [Текст] / В.Г. Трегуб. – К.: Техніка, 1982. – 160 с.
3. Плевако, Е.А. Технология дрожжей / Е.А. Плевако. – М.: «Пищевая промышленность», 1970. – 311 с.
4. Белькович Е.С. Практическое моделирование динамических систем/ Е.С. Белькович, Ю.Б. Колесов, Ю.Б. Сенченко. – СПб.: БХВ – Петербург, 2002.– 464 с.



*Рассматривается биотехнологический процесс выращивания хлебопекарских дрожжей, который осуществляется по периодическом способе и характеризуется следующим стадиями: складка, накопление, дозревание, выгрузка и очистка. Математическая модель аппарата для выращивания хлебопекарских дрожжей состоит из логической и динамической части. Для описания логической части используется унифицированный язык моделирования UML.*

***Аппарат периодического действия, логическая часть, динамическая часть, диаграмма классов, диаграмма.***

*The biotechnological process of growing of khlibopekarskikh yeasts, which is carried out for periodic method and characterized following the stages, is examined: fold, accumulation, ripening, unloading and cleaning. The mathematical model of vehicle for growing of khlibopekarskikh yeasts consists of logical and dynamic part. For description of logical part a compatible simulation of UML language is used.*

***Vehicle of batch-type, logical part, dynamic part, diagram of classes, diagram.***