

ЯРОЩУК Л. Д., к.т.н., доц.; КОМЕНДАНТ О. О., студент  
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

## ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МАСТИЛА В ПЕРІОДИЧНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

*Виконано аналіз процесів виробництва мастил на мильних загусниках з використанням контактора як сукупності об'єктів моделювання. Визначено основні особливості цього виробництва як системи з періодичним типом функціонування. Наведено циклограми роботи основних апаратів системи. Запропоновано принципи розробки структури імітаційної моделі для відтворення послідовності операцій згідно до виду циклограми. Наведена загальна структура імітаційної у виді взаємопов'язаних підсистем. Наведено склад і описано роботу підсистеми, яка відповідає процесам, пов'язаним з роботою контактора. Сформульовано задачі дослідження імітаційної моделі. Наведено схеми імітаційної моделі, створені у середовищі MatLab+Simulink.*

**Ключові слова:** мастило, контактор, періодичне виробництво, циклограма, імітаційна модель, MatLab+Simulink.

© Ярощук Л. Д., Комендант О. О., 2017.

**Постановка проблеми.** Виробництво мастил розвивається досить динамічно оскільки стрімко зростає чисельність машин та механізмів, які використовує людство у різних сферах своєї діяльності. Одним з найбільш поширених видів мастильних матеріалів є пластичні мастила.

Особливостями їх виробництва є періодичність більшості процесів, які формують загальну хіміко – технологічну систему (ХТС), а також значна кількість показників якості продукції [1]. Періодичність виробництва вимагає обґрунтування циклів перебігу кожного з процесів та їх узгодження в межах усієї ХТС (чи певної її частини), які б забезпечили необхідні вимоги до рівня ресурсоспоживання та до якості продукції. Названі задачі зазвичай попередньо розв'язують на основі лабораторних досліджень для певної сировини, але їх результати не гарантують оптимальності запропонованих режимів при наявності суттєвих збурень, характерних для виробничих умов.

**Аналіз попередніх досліджень.** Авторами було розглянуто декілька вже існуючих підходів до моделювання періодичних процесів. У роботі [2] загальною науковою проблемою є методика, що дозволяє будувати часові діаграми (графіки Гантта), моделювати роботу приймальних та подавальних апаратів, різні підходи для узгодження часу роботи апаратів на послідовних стадіях виробництва та створення логіко-динамічних моделей періодичних виробництв. У статті [3] загальною науковою проблемою є етапи імітаційного моделювання процесів, що відбуваються в утфельному вакуум-апараті за допомогою уніфікованої мови моделювання *UML*, діаграми послідовності, класів, стану та діяльності, що передують розробці повної імітаційної моделі утфельного вакуум-апарата. Невирішеною частиною наукової проблеми в обох вказаних роботах є реалізація імітаційної моделі (ІМ) за допомогою програмних засобів моделювання для досліджень ХТС. У статті [4] були розглянуті питання створення ІМ засобами *MatLab+Simulink* але для неперервного процесу каталітичного крекінгу. У [5] моделювання ХТС по виробництву мастил у системі *MatLab+Simulink* не було висвітлено належною мірою.

**Метою цієї статті** є створення структури імітаційної моделі виробництва мастил на мильних загусниках з використанням контактора засобами *MatLab+Simulink*. Структурна модель є першим етапом при імітаційному моделюванні процесів зазначеного виробництва. З огляду на складність проведення випробувань на реальному виробництві та економічності важливості така задача є актуальною.

**Виклад основного матеріалу.** Запропоновано декілька етапів імітаційного моделювання. В межах етапів змістовного та концептуального опису розглянемо особливості ХТС. Технологічна схема, зображена на рис. 1, призначена для виробництва мильних мастил різного типу.

Виробництва мастил різняться за сировиною, що використовується як дисперсійне середовище, та за типом загусників. Установка включає такі основні секції: підготовки сировини і приготування мильної основи; термомеханічного диспергування згущувача в дисперсійному середовищі; охолодження розплаву; оздоблювальних операцій (гомогенізації, фільтрування і деаерації).

Для отримання літєвого мастила сировинні компоненти з сировинних приймачів 1, 2, 3 дозувальними насосами 13 у певному співвідношенні подають в контактор 12, що працює при надлишковому тиску до 1 МПа. У контакторі (іноді званому автоклавом) при підвищеній температурі (150-200 °С) протягом 30 хв. відбувається реакція омилення жирів з утворенням мильно-оливної основи.

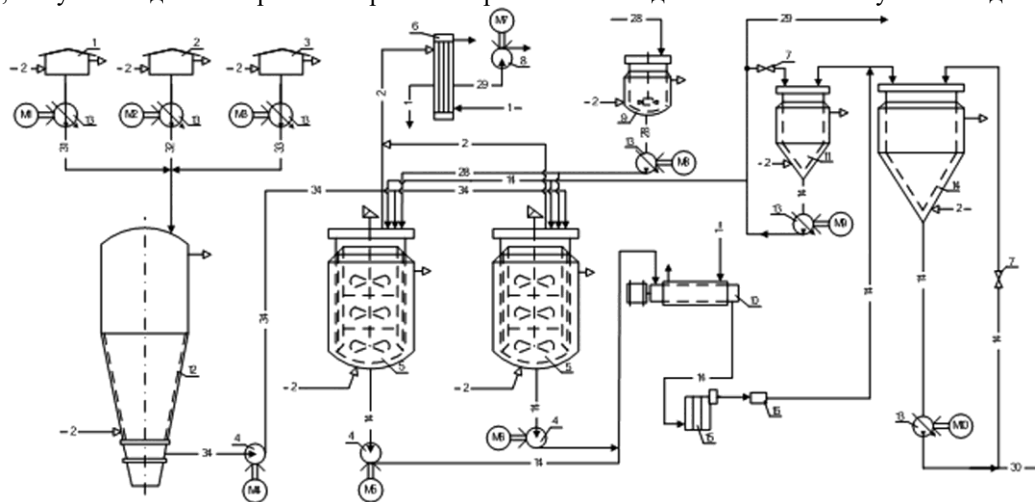
Гаряча реакційна суміш з контактора 1 надходить у паралельно працюючі реактори 5 зі скребково-лопатевим перемішувальним пристроєм. У цих апаратах мильно-оливну основу розбавляють мастилом, що подають з ємності 11. З ємності 9 дозувальним насосом 2 у реактор надходять також присадки з мастилом. Після виведення з реакторів 5 суміш водяної пари та некондиційного продукту надходить у конденсатор 6, а далі її подають на регенерацію за допомогою вакуумного насоса 8. Після відведення готового мастила з реакторів 5 воно надходить до холодильника 10, де його охолоджують до температури 40 °С. Отримане

мастило піддають гомогенізації, фільтруванню та деаерації в установці 12. Після цього мастило проходить контроль реологічних властивостей (пристрій 13). На кінцевому етапі мастило проходить етапи фасування, пакування та маркування.

За результатами аналізу функціонування ХТС була розроблена часова діаграма (далі – циклограма), що характеризує моменти початку та закінчення роботи насосів та фізико – хімічних процесів в апаратах (рис. 2).

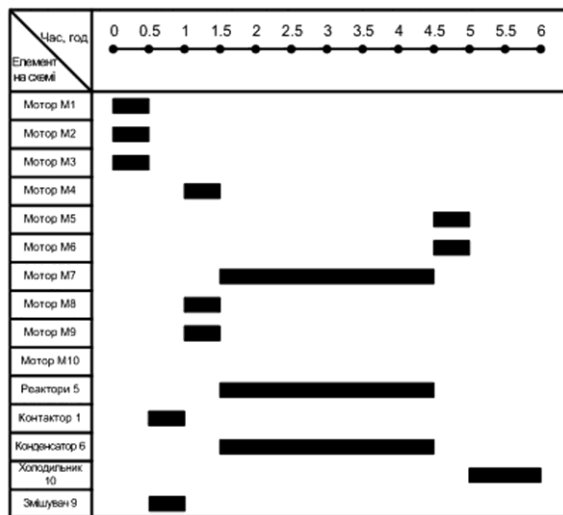
На етапі формального опису структури ІМ були визначені наступні задачі: окремі складові моделі і модель у цілому повинні відтворювати циклограму реальної системи; канали передачі інформації моделі повинні відтворювати каналів реальної системи.

У середовищі *MatLab+Simulink* була побудована структура ХТС, яка відображає існуючі апарати та зв'язки між ними. На рис. 3 наведено загальний вигляд тієї частини структурної моделі, яка відповідає наведеній циклограмі (рис. 2). Створена модель базується на умові, що час роботи апаратів може бути змінним, тому необхідний час роботи окремих апаратів можна задати на початковому етапі моделювання.



1, 2, 3 – сировинний приймач; 4 – насос; 5 – реактор; 6 – конденсатор; 7 – гомогенізувальний клапан; 8 – вакуумний насос; 9 – змішувач; 10 – скребковий холодильник; 11, 14 – збірник-накопичувач; 12 – контактор; 13 – установка гомогенізації, фільтрування та деаерації; 14 – установка контролю реологічних властивостей

**Рис. 1 – Технологічна схема виробництва мастил на мильних загусниках з використанням контактора**



**Рис. 2 – Циклограма роботи обладнання ХТС виробництва мастил з використанням контактора**

Окремі складові ІМ для відпрацювання періодичності роботи обладнання доцільно подавати у вигляді підсистем. Даючи можливість перевірити зв'язки між апаратами і узгодження роботи генераторів циклів, це зменшує розмір загальної схеми моделі.

Усі підсистеми даної схеми побудовані за однаковими принципами. Розглянемо побудову імітаційної моделі підсистеми, що містить контактор (рис.4).

На вхід кожної підсистеми подають сигнали, що характеризують вхідні потоки сировини в апарат. Кожний канал перетворення аналогової інформації в ІМ реалізовано за допомогою блоку передавальної функції. Вхідні сигнали подають на блок підсумовування (блок *Add*) для розрахунку загальної кількості сировини, що надходить в контактор. Логічний блок передумови (*If3* та *If Action Subsystem*) перевіряє, чи відбулося наповнення контактора. Він працює наступним чином: якщо на вхід даного блока надходить сигнал, що наповнення немає, то контактор не вмикають, інакше – він починає працювати. Така перевірка необхідна для того, щоб робота апарата, а в

нашому випадку – моделювання, не почалася зарано, коли сировина ще проходить обробку на попередній стадії виробництва.

Після блока передавальної функції сигнал надходить на блок *Scope*, що відображає графіки перебігу процесів в апараті, дозволяючи оцінювати візуально результати роботи моделі.

У моделі кожного з апаратів виробництва, де є теплові процеси враховано, що охолодження відбувається повільніше ніж нагрівання. Це реалізовано за допомогою двох блоків передавальної функції (Температура, Температура 1). Крім того у кожній підсистемі передбачено виведення на основну схему періодів роботи апаратів для порівняння з заданою циклограмою (Робота), а також результатів моделювання роботи контактора (*Out2*). Періодичність роботи кожного апарата забезпечують блоки *Pulse Generator*.

Знаючи час завантаження різних видів сировини, проходження хімічних реакцій, вивантаження готового продукту та допоміжних операцій, можна оцінити загальну тривалість одного циклу виробництва.

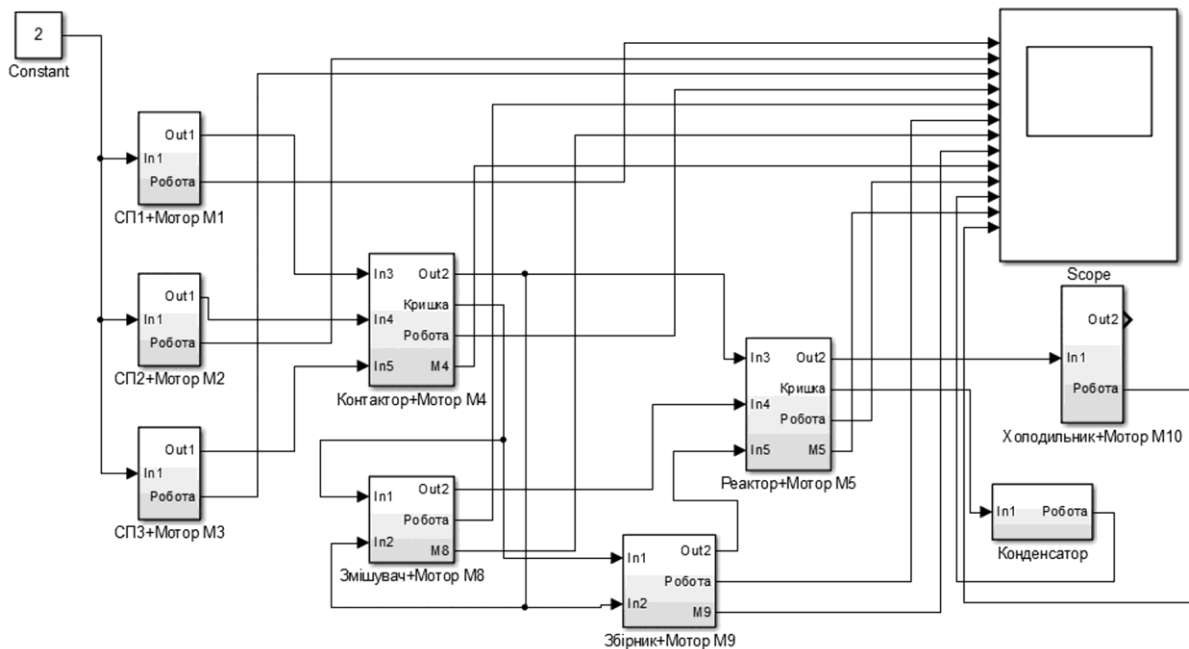


Рис. 3 – Загальний вид структури імітаційної моделі

Створена імітаційна модель пройшла етап випробувань, у результаті яких було підтверджено, що логіка цієї моделі відповідає логіці роботи реальної ХТС.

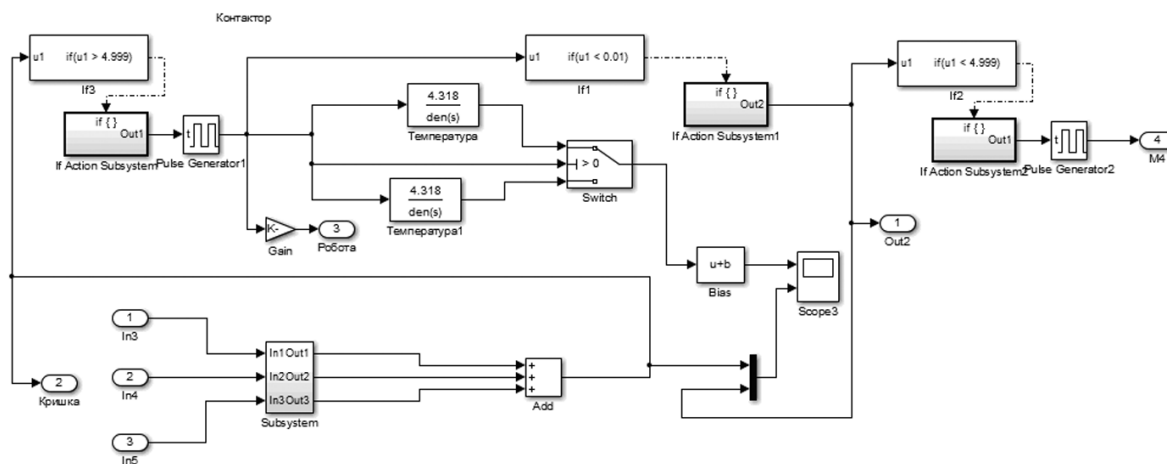


Рис. 4 – Загальна структура моделі контактора у вигляді підсистеми

**Висновки.** Проведені дослідження дозволили створити і визначити працездатність структури ІМ технологічної системи виробництва мастил, обґрунтувати мету і особливості проведення етапу випробування моделі.

Результати роботи можуть бути використані не лише при розробці та перевірці моделей виробництв мастил, а й інших виробництв періодичного та напівперіодичного типів.

**Перспективи подальших досліджень.** Перспективними напрямками наукової роботи є розробка методів дослідження виробничих процесів для всебічного випробування імітаційної моделі, зокрема, перевірки її адекватності та калібрування для визначення властивостей передавальних функцій по каналах керування та збурень для певних властивостей мастил при різних типах сировини.

### Список використаної літератури

1. *Маслов Р.* Пластичные смазки: Производство смазок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.expert-oil.com/articles/proizvodstvo\\_smazok.html](http://www.expert-oil.com/articles/proizvodstvo_smazok.html)
2. *Гордеев Л. С.* Математическое моделирование химико-технологических систем ч.3. Математическое моделирование химико-технологических систем периодического действия: Текст лекций / Л. С. Гордеев, Е. С. Кадосова, В. В. Макаров, Ю. В. Сбоева; РХТУ им. Д. И. Менделеева. – М., 1999. – 68 с.
3. *Клименко О. М.* Математичне моделювання періодичних процесів в автоклавах з протитиском / О.М. Клименко, В. Г. Трегуб // Журнал «Наукові праці НУХТ» Том 20 № 6. – К. : НУХТ, 2014. 247 с.
4. *Ярошук Л. Д.* Имитационное моделирование процессов каталитического крекинга [Текст] / Л. Д. Ярошук, Ю. Г. Бондаренко, С. Н. Гончаренко // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – Астрахань. – № 1 (25), 2014. – с. 46–57.
5. *Комендант О. О.* Моделювання роботи виробництва мастил з контактором на базі *MATHLAB SIMULINK* [Текст] / О. О. Комендант, Л. Д. Ярошук // Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології: Тези доповідей Восьмої науково-практичної конференції студентів; Київ, НТУУ “КПІ”, 3–4 грудня 2014 р. – К. : НТУУ “КПІ”, 2014. – 70 с.

Надійшла до редакції 05.10.2016