

БАТРАЧЕНКО ОЛЕКСАНДР

Черкаський державний технологічний університет

<https://orcid.org/0000-0001-8920-0743>e-mail: o.batrachenko@chdtu.edu.ua**ТУНІК ОЛЕНА**

ТОВ «КР Інґредієнтс»

ПАРХОМЕНКО ДАРІЯ

ТОВ «Глобінський м'ясокомбінат»

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛІНІЙ КОВБАСНОГО ВИРОБНИЦТВА

Метою роботи є вдосконалення методики проектування технологічних ліній ковбасного виробництва, яке б забезпечувало суттєве підвищення точності визначення необхідної продуктивності технологічного обладнання та його кількості з урахуванням сучасних вимог харчової технології та виробничої санітарії при різних типах організації виробництва. Виявлено, що тривалість фактичного робочого часу, який відведений на роботу того чи іншого виду технологічного обладнання при одно-, дво- та тризмінній роботі підприємства відповідно до графіку технологічного процесу може складати 37-62% від тривалості робочої зміни. Визначено, що тривалість циклів технологічної обробки на різних технологічних операціях за сучасними технологічними регламентами може суттєво відрізнятися від тих значень, що наведені у відомій літературі. Так тривалість кутерування фаршів для ковбасних виробів вареної групи може сягати 20-30 хв, на відміну від 10 хв у відомих літературних джерелах. Встановлено, що тривалість допоміжних операцій при кутеруванні, залежно від типорозміру кутера, може складати 00⁵⁶ - 03⁴⁰ хв, причому кутерам меншого типорозміру відповідає менша тривалість допоміжних операцій. Частка допоміжних операцій при кутеруванні та фаршесмішуванні може сягати 30% від загальної тривалості циклу обробки сировини в цих машинах. Натомість тривалістю допоміжних операцій при термічній обробці ковбасних виробів можна знехтувати при проектуванні технологічних ліній, зважаючи на те, що тривалість допоміжних операцій складає 3-5 хв, а тривалість технологічної обробки складає 1,5-4 години. Виявлено, що, відповідно до сучасних санітарно-гігієнічних норм системи HACCP суттєву частку робочої зміни займає санітарна обробка технологічного обладнання. Так для кутерів сумарні витрати часу на санітарну обробку машини можуть зайняти 1-1,5 години за зміну. Аналогічним чином у випадку цілодобової роботи ковбасного цеху, тривалість санітарної обробки термокамер може сягати 2-х годин. Встановлено, що за запропонованою методикою проектування технологічних ліній ковбасного виробництва точність розрахунків може бути до 6-ти разів вищою у порівнянні із відомими підходами. При цьому обране за відомими підходами технологічне обладнання буде просто не в змозі забезпечити належну продуктивність технологічної лінії, оскільки матиме край низьку продуктивність.

Ключові слова: проектування, ковбасні вироби, точність, методологія, тривалість обробки, допоміжні операції, санітарна обробка.

BATRACHENKO OLEXANDR

Cherkassy State Technological University

TUNIK ELENA

PLC "KR Ingredients"

PARKHOMENKO DARIYA

PLC "Hlobyne meat processing factory"

IMPROVEMENT OF THE METHODOLOGY FOR DESIGNING TECHNOLOGICAL LINES FOR SAUSAGE PRODUCTION

The aim of the work is to improve the methodology for designing technological lines for sausage production, which would provide a significant increase in the accuracy of determining the required productivity of technological equipment and its quantity, taking into account modern requirements of food technology and industrial sanitation for different types of production organization. It was found that the duration of the actual working time allocated to the operation of a particular type of technological equipment during one-, two- and three-shift operation of the enterprise in accordance with the technological process schedule can be 37-62% of the duration of the working shift. It was determined that the duration of technological processing cycles at various technological operations according to modern technological regulations can significantly differ from those values given in the known literature. Thus, the duration of cutting minced meat for sausage products of the cooked group can reach 20-30 minutes, in contrast to 10 minutes in known literary sources. It was found that the duration of auxiliary operations during cutter cutting, depending on the size of the cutter, can be 00⁵⁶ - 03⁴⁰ min, and cutters of smaller size correspond to a shorter duration of auxiliary operations. The share of auxiliary operations during cutter cutting and mince mixing can reach 30% of the total duration of the raw material processing cycle in these machines. On the other hand, the duration of auxiliary operations during heat treatment of sausage products can be neglected when designing technological lines, given that the duration of auxiliary operations is 3-5 min, and the duration of technological processing is 1.5-4 hours. It was found that, in accordance with modern sanitary and hygienic standards of the HACCP system, a significant part of the work shift is occupied by the sanitation of technological equipment. Thus, for cutters, the total time spent on sanitation of the machine can take 1-1.5 hours per shift. Similarly, in the case of a round-the-clock operation of a sausage factory, the duration of sanitizing thermal chambers can reach 2 hours. It has been established that according to the proposed methodology for designing sausage production lines, the accuracy of calculations can be up to 6 times higher compared to known approaches. At the same time, the technological equipment selected according to known approaches will simply not be able to ensure the proper productivity of the technological line, since it will have extremely low productivity.

Keywords: design, sausage products, accuracy, methodology, processing duration, auxiliary operations, sanitizing.

Стаття надійшла до редакції / Received 11.04.2025

Прийнята до друку / Accepted 26.04.2025

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Задача релевантного проектування м'ясопереробних виробництв є актуальною та вельми важливою, зважаючи на високу популярність м'ясних продуктів (насамперед ковбасних виробів) у споживачів та зважаючи на високу рентабельність м'ясопереробного бізнесу.

При цьому належне проектування м'ясопереробних виробництв – це ще й дуже відповідальна задача, оскільки такі виробництва потребують великих капіталовкладень. Як зазначають практики, вартість робіт з проектування ковбасного заводу продуктивністю близько 20 т готових ковбасних виробів на добу в Україні може сягати 15 тис. євро, а капіталовкладення на його будівництво, оснащення та запуск у роботу – до 10 млн. євро. Відтак, помилки, які були закладені на етапі проектування виробництва, обернуться значними матеріальними збитками для власника такого бізнесу. Також вони призведуть до зниження ефективності самого виробництва і, вочевидь, до погіршення умов праці співробітників такого підприємства.

Як відомо, в сучасних умовах проектування м'ясопереробних виробництв ведеться цілою групою фахівців, основними з яких є технологи-м'ясопереробники. Саме вони проектують основні і допоміжні виробництва підприємства, зокрема, технологічні лінії виготовлення ковбас, які є основною ланкою ковбасних заводів та м'ясокомбінатів. Крім того, в практичній діяльності технолога-м'ясопереробника з високою ймовірністю може постати задача реконструкції діючого підприємства або дільниці, їх розширення, зміни асортименту продукції тощо.

Це означає, що знання та навички з релевантного проектування м'ясопереробних виробництв мають закладатись у майбутніх фахівців з технології переробки м'яса ще при їх навчанні у вищому навчальному закладі. В протилежному випадку таким молодим фахівцям прийдеться самотужки опановувати методику проектування технологічних ліній в практичних умовах і немає ніякої гарантії, що їх перший досвід буде вдалим і що він позитивно відіб'ється на їх подальшому кар'єрному зростанні.

Відтак, можна дійти висновку, що наявність сучасної максимально повної науково-обґрунтованої інформації, яка має бути закладена в основу методології проектування м'ясопереробних виробництв, є вельми актуальною.

Однією із таких задач, яка потребує подальшого дослідження, є методика визначення продуктивності і кількості технологічного обладнання, що має входити до складу технологічних ліній виготовлення ковбас. Однак, на жаль, на теперішній час вітчизняних наукових праць з даної тематики або вкрай мало або вони фактично відсутні.

В той же час в багатьох сучасних вітчизняних літературних джерелах навчального спрямування і в тих, які були опубліковані у минулі роки за тривалий період, визначення кількості обладнання періодичної дії ковбасного виробництва рекомендується проводити за наступним виразом (опосередковано даний вираз дозволяє оцінити продуктивність обладнання):

$$N = \frac{M^{сир} \cdot \tau_{цикл}}{G \cdot \tau_{зміни}}, \quad (1)$$

де N – кількість обладнання, шт.; $M^{сир}$ – кількість сировини, яку необхідно переробити на даному обладнанні, кг; $\tau_{зміни}$ – тривалість зміни, год; G – вага порції сировини для одночасного завантаження в обладнання, кг; $\tau_{цикл}$ – тривалість одного циклу роботи обладнання, год.

На думку авторів, подібний вираз не дозволяє коректно визначити продуктивність обладнання (наприклад кутерів) через низку суттєвих неточностей, які у нього закладені. Похибка розрахунку за таким виразом може сягати понад 3-х разів. Причому результат може виявитись таким, що обраний відповідно до нього кутер (кутери) буде просто не здатний забезпечити реальну потребу технологічної лінії у м'ясному фарші.

Можна дійти висновку, що із високою долею ймовірності причиною незмінно спрощеного підходу до технологічного проектування м'ясопереробних підприємств в навчальній літературі є фактична відсутність (як згадувалось вище) відповідних вітчизняних наукових праць з даної проблематики. Доцільним є вирішення цієї актуальної задачі.

Існує низка і інших не висвітлених у відомих літературних джерелах аспектів проектування:

- 1) час, відведений на роботу того чи іншого виду технологічного обладнання при одно-, дво- та тризмінній роботі підприємства відповідно до графіку технологічного процесу;
- 2) тривалість циклів технологічної обробки на різних технологічних операціях і їх суттєва відмінність саме за сучасними технологічними регламентами;
- 3) достовірні дані про тривалість допоміжних операцій на різних технологічних операціях;
- 4) сучасні технологічні прийоми ковбасного виробництва;
- 5) сучасні вимоги системи НАССР до санітарії технологічного обладнання в контексті витрат часу на їх дотримання;
- 6) не передбачено запас продуктивності технологічної лінії з урахуванням річних періодів максимального попиту на ковбасну продукцію та ймовірного розвитку підприємства.

Актуальним є дослідження висвітлених питань і обґрунтування такої методики проектування технологічних ліній ковбасного виробництва, яка б найбільш повно відображала сучасні тренди в технології м'ясопереробки та була б максимально наближена до умов реального виробництва.

Дослідниками [1] розглядаються питання, пов'язані з прийняттям стратегії безперервного вдосконалення типу «Kaizen» для її впровадження та розвитку на м'ясопереробному підприємстві Румунії, що позиціонується, як піонерське рішення і відповідній галузі. Основними цілями впровадження такого типу стратегії є максимізація продуктивності, якості та прибутку, а отже, зниження витрат у ключових бізнес-процесах. В роботі [2] розглянуто недосконалу виробничу систему, яка виготовляє якісні та дефектні вироби. Для цієї системи отримано очікувану загальну функцію витрат, що складається з утримання запасів, часу очікування дефектів для переробки, налаштування та витрат на обробку за одиницю часу. У дослідженні [3] визначалось, якою мірою дві різні геометрії ножів, які встановлені на валу в трьох площинах або у двох площинах чи в одній площині впливають на температурний градієнт емульсії, градієнт продуктивності двигуна кутера та властивості варених ковбас. Однак встановлені нові відомості щодо особливостей роботи кутерів не відповідають на проблемні питання, які були поставлені в попередньому розділі даної статті.

В роботі [4] визначено, що перерозподіл завдань і працівників, додаткові працівники, які будуть підтримувати дефіцит поточного виробництва, суворе дотримання графіків виробництва та, нарешті, повне використання потужностей машин, збільшать виробничу потужність. Авторами [5] розроблено вказівки щодо проектування та будівництва невеликих традиційних ковбасних фабрик з метою поєднання максимальної ефективності із вимогами щодо поводження з харчовими продуктами та безпекою робочого середовища. Метою дослідження [6] було проаналізувати ефективність удосконалення компонування виробничих приміщень за допомогою методу систематичного планування розміщення підприємства (SLP). Дослідження показало, що вдосконалена схема встановлення обладнання не тільки оптимізувала потік матеріалів і вимоги до простору, але й значно знизилла витрати на обробку матеріалів заводу, тим самим підвищивши ефективність роботи.

В роботі [7] представлено дослідження фабричного обліку та його вплив на ефективність виробництва сирокочених ковбас (саламі). Метою [8] було оптимізувати виробництво для ковбасної промисловості з використанням значень попиту на кожен продукт. Задача була розв'язана за допомогою мови GAMS (Система загального алгебраїчного моделювання). Це дозволило досягти кращих результатів, ніж ті, які використовуються в промисловості. В роботі [9] зроблено огляд напрямків розвитку технології ковбасного виробництва та способів її реалізації на практиці у виробничих умовах. Автором [10] зроблено огляд технологій виготовлення ковбасних виробів з точки зору досягнення високих показників харчової цінності, ефективності переробки сировини та підвищення якості та безпечності готового продукту.

У [11] запропоновано вдосконалений метод Q-навчання для планування в області сировини (RMSPS-IQL). Порівняльний аналіз результатів кількох схем моделювання показав, що RMSPS-IQL ефективно скорочує час очікування для всмоктування наповнювачів з емульгуючої ванни та покращує продуктивність виробничої лінії. Автором [12] оцінено ризики, які виникають під час обробки м'яса на лінії виробництва ковбас. Оцінка ризику виконується за допомогою методу аналізу режимів і наслідків відмови (FMEA), а як інструмент підтвердження використовується регламент безпеки машин (MSR). Дослідження [13] було проведено з метою визначення джерел мікробного забруднення під час обробки ковбас. Згідно з результатами, первинними джерелами забруднення були визначені сировина та спеції. Вторинними джерелами забруднення були руки та обладнання персоналу. Мікробний підрахунок у руках персоналу показав значну кореляцію з підрахунками зразків, взятих на всіх етапах обробки.

Дослідниками [14] запропоновано новий метод контролю набору сенсорних властивостей і дефектів, варіації яких повинні бути в межах встановлених допусків. На основі цих формалізованих знань була реалізована система контролю. В роботі [15] досліджено системи аналізу ризиків критичних контрольних точок (НАССР) на ковбасних підприємствах. Найвища кількість аеробних мезофілів зазвичай пов'язана зі стадією виробництва ковбаси після заповнення оболонки. Після варіння мікробна кількість була виявлена на низькому рівні. Автори [16] розглянули питання планування на основі оптимізації для переробних галузей. Проведено комплексний огляд теоретичних концепцій, що виникли за останні 30 років. Крім того, проілюстровано огляд внесків, які розглядають реальні промислові приклади планування процесів. Авторами [17] досліджено розширене планування виробництва продуктів із високим терміном зберігання у ковбасному виробництві. Визначено, що стадія обжарювання визначає термін зберігання кінцевого ковбасного виробу. У статті [18] представлена модель оптимізації для підтримки операцій планування на м'ясокомбінаті. Виробнича система передбачає обробку сировини (м'ясних туш) шляхом застосування шаблонів розрізання, щоб задовольнити заданий попит на різні продукти.

У світлі тематики даної наукової статті цікавою є наступна наукова публікація [19]. В ній досліджено аспекти ефективного використання робочої сили. Для кожного робітника (оператора обладнання) визначено величину суто робочого часу за зміну та тривалість його простоювання. Однак, в даній публікації не зазначено скільки часу відводиться на суто на роботу технологічного обладнання і які фактори впливають на цей час.

Такою, що найбільшою мірою висвітлює задачі, які поставлені в даній статті, є робота [20]. Її метою було спостереження та порівняння робочого часу виробництва коктейльної ковбаси з

використанням того ж робочого часу (ST) та різного робочого часу (DT). В даній публікації зазначена по-хвилинна тривалість роботи технологічного обладнання підприємства по виготовленню коктейльних ковбасок, який працював в одно-змінному режимі. Однак в роботі не наведені дані для таких видів обладнання, як дробарки, фаршесмішувачі, емульситатори, що пояснюється вузьким асортиментом продукції даного підприємства. До того ж, наведені дані стосуються лише одно-змінної роботи, їх не можна застосувати при проектуванні крупних підприємств, які працюють в 2-3 зміни. Актуальним є дослідження означених вище проблемних питань.

Формулювання цілей статті

Метою роботи є вдосконалення методики проектування технологічних ліній ковбасного виробництва, яка б забезпечувала суттєве підвищення точності визначення необхідної продуктивності технологічного обладнання та його кількості з урахуванням сучасних вимог харчової технології та виробничої санітарії при різних типах організації виробництва.

Об'єктом дослідження є процеси переробки м'ясної продукції при виготовленні ковбасних виробів в умовах сучасного промислового виробництва.

Предметом дослідження є закономірності впливу технологічних, організаційних та санітарно-гігієнічних факторів на устрій та продуктивність технологічних ліній виготовлення ковбасних виробів, які користуються найбільшим попитом у вітчизняних споживачів.

Виклад основного матеріалу

Досліджувались процеси, що супроводжують роботу технологічних ліній ковбасного виробництва на двох м'ясопереробних підприємствах: ТОВ «КР ІНГРЕДІЄНТС» (потужністю до 5 т/добу ковбасних виробів) та ТОВ «Глобинський м'ясокомбінат» (потужністю до 80 т/добу ковбасних виробів). За період дослідження дані підприємства працювали в одно-, дво- та тризмінному режимах роботи.

На означених підприємствах виготовлялись наступні ковбасні вироби: варені ковбаси, сосиски, сардельки, варено-копчені ковбаси, напівкопчені ковбаси, сирокіпчені та сиров'ялені ковбаси. Узагальнена принципова технологічна схема виготовлення даних ковбасних виробів наведена на рис. 1.

Досліджувалась тривалість робочого часу та часу, який відводиться на перерви та санітарну обробку обладнання. Також досліджувалась тривалість циклів роботи та їх складових наступного технологічного обладнання: вовчки Seydelmann AG 130, Seydelmann AU 200, Seydelmann AU 200 M; кутери Laska Kutter K 60 (об'єм чаші 60 л); Laska Kutter KU 500 (об'єм чаші 500 л), Laska Kutter Highlight KU 750 (об'єм чаші 750 л), Seydelmann K 324 (об'єм чаші 300 л), Alpina Swopper SW 500 (об'єм чаші 500 л); фаршесмішувачі Laska ME 500 N, Seydelmann VMR600; емульситатори Seydelmann Konti-Kutter KK 250 AC-6, Inotec I 225; шприци Handtmann VF 848 S, Handtmann ConPro; термокамери Ducomaster 7500 (місткістю 3 рами), Doleschal (місткістю 5 рам).

Вимірювання значень тривалості технологічних та допоміжних операцій, а також робочого часу та часу, який відводиться на перерви та санітарну обробку обладнання проводилось із використанням електронних секундомірів Huawei Watch GT 2 та POCO X3. Вимірювання проводились у трикратній повторюваності. Статистична обробка експериментальних даних здійснювалась за допомогою програмного пакету STATISTICA 13.0.

Асортимент ковбасних виробів, які виготовляються підприємствами, та технологічні регламенти їх виготовлення визначались на основі документації, яка була надана службою головного технолога відповідного підприємства.

Відомий підхід до вибору обладнання до складу технологічної лінії (див. вираз (1)), володіє низкою недоліків, окрім зазначених вище. Згідно нього пропонується спочатку визначати необхідні виробничі площі для розміщення технологічної лінії за певними нормами, а вже потім розраховувати кількість обладнання, яке має бути задіяним. Причому, типорозмір обладнання (його продуктивність) визначається опосередковано на проміжному етапі. Означені норми наводяться, як довідникові дані, але з відомої літератури не є зрозумілим на основі чого вони були визначені та як давно вони переглядались і уточнювались.

На нашу думку, спочатку має відбуватись визначення видів обладнання, яке має бути задіяними, виходячи із вимог технології. Так згідно [21] лише етап складання фаршу може бути реалізований за 15-ма різними технологічними схемами залежно від асортименту продукції, сировини для її виготовлення та технологічних особливостей роботи обладнання. Відтак, виробничі площі, що необхідні для роботи таких комплексів обладнання, будуть теж суттєво відрізнятись.

Крім цього, кількість обладнання (навіть однакового типу) на практиці може збільшуватись, виходячи суто із технологічної потреби його спеціалізації.

Машини вищої продуктивності за багатьма технічними та економічними показниками є більш ефективними, ніж декілька машин меншого типорозміру. Це обумовлено зменшенням кількості елементів конструкції, які дублюються (пульт керування, станина, завантажувач, вивантажувач тощо), меншою виробничою площею, непродуктивними витратами енергії на роботу обладнання тощо. Так для управління одним кутером з чашею об'ємом 1080 л потрібен один кваліфікований оператор, а для управління трьома кутерами із чашею об'ємом 330 л потрібно 3 кваліфіковані оператори. Аналогічним чином заточування і балансування 6-ти ножів кутера об'ємом 1080 л після кожної зміни може бути

заміненим на заточування і балансування 18-ти ножів трьох кутерів об'ємом 330 л. Також один більший кутер генерує меншу емісію шуму, ніж кілька менших машин. І в одного більшого кутера більшою є фактична продуктивність за годину, оскільки при його використанні значно зменшується час на допоміжні операції (до 3-х разів).

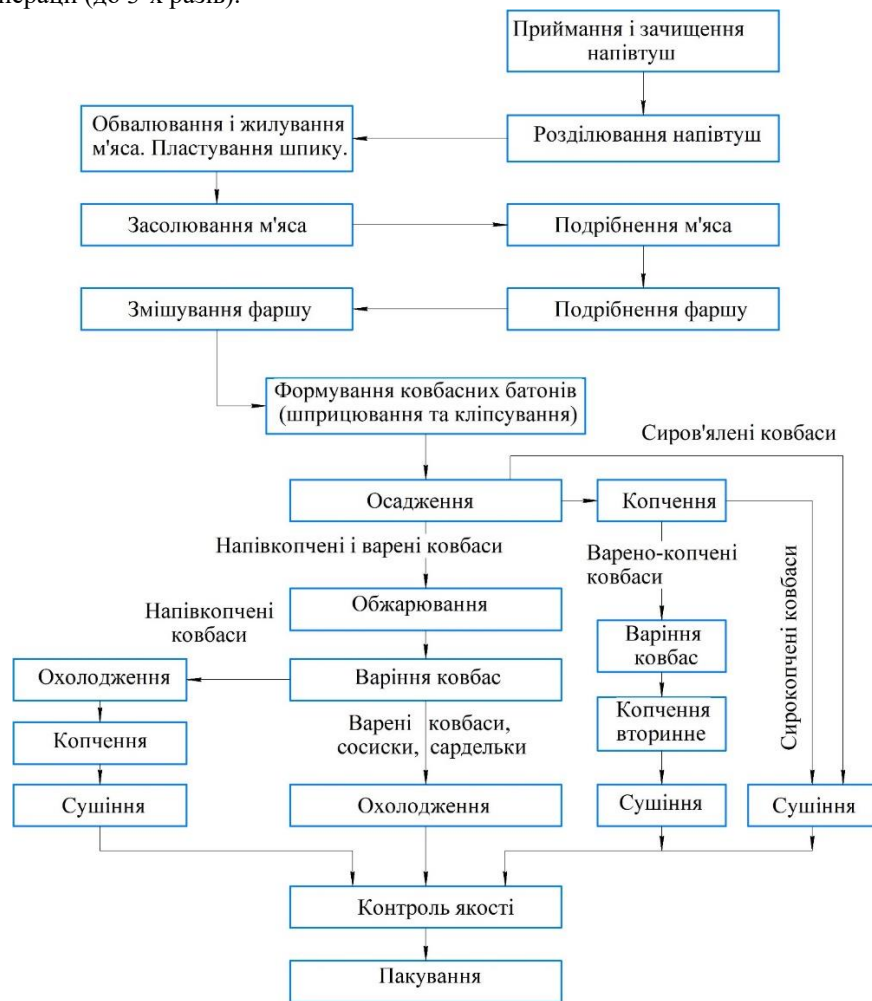


Рис. 1. Принципова технологічна схема виготовлення ковбасних виробів

В той же час в ковбасних цехах середньої і великої потужності часто використовують декілька однотипних машин, виходячи із технологічних вимог. Так використовують щонайменше два кутера: один для варених ковбасних виробів (більшої продуктивності), інший – для ковбас копченої групи (дещо меншої продуктивності). Перевагою такого рішення є підвищена технологічна гнучкість та зручність. Такі кутери не потрібно зайвий раз піддавати санітарній обробці при переході на інший вид продукції. Також при знижених обсягах виробництва можна використовувати лише один із кутерів, суттєво економлячи електроенергію та ресурс машин.

Загалом, можливі два основні випадки проектування технологічних ліній: при створенні нового підприємства та при модернізації чи розширенні існуючого підприємства або цеху.

При першому випадку лінія проектується, виходячи з прийнятого асортименту продукції та планів її виробництва (за рік, за добу). Особливістю є те, що під час проектування превалюючими чинниками є прийнята технологія виробництва та номенклатура обладнання, а другорядними чи похідними чинниками – займана виробнича площа та потужність підведених енергоресурсів (насамперед, електроенергії). Тобто, продуктивність технологічної лінії визначається, виходячи із прийнятого асортименту продукції. А величина займаної виробничої площі визначається відповідно до обраних видів обладнання і його кількості з урахуванням необхідних норм щодо відстаней між обладнанням, проходів тощо.

При другому випадку навпаки – превалюючими чинниками є наявна виробнича площа та потужність підведеної електроенергії, а похідними чинниками є добова потужність підприємства та прийнятий асортимент продукції. Так, наприклад, для підприємства середньої продуктивності зі встановленою потужністю ковбасного цеху 700 кВт·год потужність електроенергії, що задіяна при роботі машинного відділення (відділення, де здійснюються всі етапи подрібнення сировини, змішування фаршу та його набивки в ковбасні оболонки і їх кліпсування, перев'язування або перекручування) може складати 600 кВт·год. В той час, як потужність електроенергії, що задіяна при роботі термічного відділення (усі етапи термообробки продукції та її охолодження) може складати 500-

800 кВт·год. В такому разі, навіть не враховуючи вимог технології і організації виробничого процесу, є неможливим виконання всього циклу виготовлення продукту в одну зміну із паралельною роботою машинного та термічного відділень. Відтак, робота цих відділень планується в різні зміни однієї доби.

Асортимент ковбасної продукції залежить від специфіки підприємства. Отримані дані про виготовлену на означених підприємствах продукцію за минулі два роки дозволили встановити, що група варених ковбасних виробів займає $65 \pm 3\%$ попиту, а група копчених та в'ялених ковбас – $35 \pm 2\%$ (табл. 1). Коливання у відсотковій частці від загального асортименту обумовлені сезонними чинниками та відповідними пропозиціями від компаній-замовників ковбасної продукції.

Попит на ковбасну продукцію має декілька річних періодів значного збільшення та зменшення. Так наприкінці грудня і всередині весни спостерігається максимальний попит, який на 40-50% більший від середньорічного. В той же час осінню і в січні відбувається зменшення попиту по відношенню до середньорічного на величину до 30%. Відтак, проектування технологічної лінії варто здійснювати, враховуючи як середньорічний попит на продукцію (середня або нормальна добова продуктивність лінії), так і сезонне його збільшення на величину до 50%. В такому разі слід передбачати такі технологічні можливості обладнання, які б задовільнили пікове зростання попиту на ковбасну продукцію підприємства. Цей же запас продуктивності може бути використаний при ймовірному розвитку підприємства з часом.

Замовлення, які підприємство отримує на свою продукцію, часто стосуються лише певних груп ковбасних виробів. При цьому підготовка до виготовлення ковбас вареної групи не перевищує доби (оскільки технологічний цикл їх виготовлення є коротким), а ось замовлення на копчені ковбаси приймаються не раніше, як за місяць, що обумовлено довгими технологічними циклами виготовлення таких ковбас. Відтак на практиці технолог ковбасного цеху приймає рішення про планування і початок виробництва ковбас копченої і в'яленої групи заздалегідь під власну відповідальність і на основі власного досвіду.

Таблиця 1

Відсоткова частка різних груп ковбасних виробів в загальному асортименті підприємств

Група ковбасних виробів	Відсоткова частка
Варені ковбасні вироби (варені ковбаси, сосиски, сардельки)	$65 \pm 3\%$
Копчені та в'ялені ковбасні вироби (варено-копчені, копчені, сирокопчені та сиров'ялені)	$35 \pm 2\%$

Методологія проектування технологічних ліній ковбасного виробництва

Нами пропонується наступна методологія проектування технологічних ліній ковбасного виробництва.

Етап 1. Визначається загальна кількість фаршу $M_{\text{фар}}$ на переробку в ковбасному цеху, відповідно до планової потужності цеху за добу та відповідно до прийнятого асортименту ковбасних виробів,:

$$M_{\text{фар}} = \sum M_{\text{вид}}^{\text{фар}} = M_{\text{вар}}^{\text{фар}} + M_{\text{сос}}^{\text{фар}} + M_{\text{сард}}^{\text{фар}} + M_{\text{в-к}}^{\text{фар}} + M_{\text{н-к}}^{\text{фар}} + M_{\text{с-к}}^{\text{фар}} + M_{\text{с-в}}^{\text{фар}}, \quad (2)$$

де $M_{\text{вар}}^{\text{фар}}$ – кількість фаршу для виготовлення варених ковбас, кг; $M_{\text{сос}}^{\text{фар}}$ – кількість фаршу для виготовлення сосисок, кг; $M_{\text{сард}}^{\text{фар}}$ – кількість фаршу для виготовлення сарделок, кг; $M_{\text{в-к}}^{\text{фар}}$ – кількість фаршу для виготовлення варено-копчених ковбас, кг; $M_{\text{н-к}}^{\text{фар}}$ – кількість фаршу для виготовлення напівкопчених ковбас, кг; $M_{\text{с-к}}^{\text{фар}}$ – кількість фаршу для виготовлення сирокопчених ковбас, кг; $M_{\text{с-в}}^{\text{фар}}$ – кількість фаршу для виготовлення сиров'ялених ковбас, кг.

Кількість фаршу за добу для кожного виду ковбасних виробів визначається за відомим виразом:

$$M_{\text{вид}}^{\text{фар}} = \frac{M_{\text{виробів}}^{\text{вид}} \times 100}{B}, \text{ кг} \quad (3)$$

де $M_{\text{виробів}}^{\text{вид}}$ – кількість готових ковбасних виробів кожного виду за добу, кг; B – вихід готового продукту до маси сировини (відповідно до діючих норм, що наводяться в довідниковій літературі), %.

Етап 2. Визначається загальна продуктивність певного виду технологічного обладнання за добу.

Для обладнання безперервної дії загальна потрібна продуктивність:

$$Q^{\text{доб}} = \frac{\sum M_{\text{вид}}^{\text{фар}}}{\tau_{\text{роб.обл.}}^{\text{доб}}}, \text{ кг/год} \quad (4)$$

де $\sum M_{\text{вид}}^{\text{фар}}$ – загальна кількість фаршу на переробку в ковбасному цеху за добу, відповідно до того асортименту продукції, технологія якої передбачає використання того чи іншого виду обладнання безперервної дії; $\tau_{\text{роб.обл.}}^{\text{доб}}$ – загальний час, відведений на роботу даного виду обладнання за добу, год.

При цьому:

$$\tau_{роб.обл.}^{доб} = \tau_{від.}^{доб} - \tau_{прост.}^{доб}, \text{ годин} \quad (5)$$

де $\tau_{від.}^{доб}$ - загальний час для роботи відділення цеху за добу, годин (див. табл. 2 і рис. 2); $\tau_{прост.}^{доб}$ - загальний час простоювання обладнання за добу, яке спричинене низкою перерв в роботі відділення, годин (див. рис. 3).

Для обладнання періодичної дії загальна потрібна продуктивність за добу:

$$Q_{доб} = \frac{\sum M_{від}^{фар}}{\tau_{роб.обл.}^{доб}} = \frac{M_{вар}^{фар} + M_{сос}^{фар} + M_{сард}^{фар} + M_{в-к}^{фар} + M_{н-к}^{фар} + M_{с-к}^{фар} + M_{с-в}^{фар}}{\tau_{роб.обл.}^{доб}}, \text{ кг/ГОД} \quad (6)$$

де $\sum M_{від}^{фар}$ - загальна кількість фаршу на переробку в ковбасному цеху за добу, відповідно до того асортименту продукції, технологія якої передбачає використання того чи іншого виду обладнання періодичної дії; $\tau_{роб.обл.}^{доб}$ - загальний час, відведений на роботу даного виду обладнання за добу, год.

Етап 3. Приймається попередня кількість одиниць обладнання одного типу та визначається потрібна продуктивність однієї одиниці обладнання із врахуванням коефіцієнту запасу продуктивності для пікових річних періодів попиту на ковбасну продукцію.

Кількість одиниць обладнання одного типу $N_{обл}$ приймається, виходячи із вимог технології, санітарної обробки на протязі зміни, капітальних витрат, витрат на експлуатацію обладнання, оплати праці операторам обладнання тощо.

Можна запланувати використання парної чи непарної кількості однакових моделей обладнання. Також може бути заплановане використання однієї одиниці обладнання більшої продуктивності та однієї одиниці обладнання меншої продуктивності (наприклад, кутер більшого об'єму для варених ковбасних виробів і кутер меншого об'єму для копчених і в'ялених ковбасних виробів). Можуть бути і інші комбінації прийнятої кількості обладнання одного типу.

Із врахуванням цього отримується годинна продуктивність однієї одиниці обладнання:

$$Q_1 = K_{зан} \cdot \frac{Q_{доб}}{N_{обл}}, \quad (7)$$

де $K_{зан}$ - коефіцієнту запасу продуктивності для пікових річних періодів попиту на ковбасну продукцію ($K_{зан}=1,4-1,5$); $N_{обл}$ - кількість одиниць обладнання одного типу, шт.

Етап 4. Визначається типорозмір обладнання безперервної дії.

Даний етап проводиться шляхом вибору обладнання з каталогу компаній-виготівників відповідно до отриманого значення Q_1 .

Етап 5. Визначається типорозмір обладнання періодичної дії.

Типорозмір обладнання безперервної дії визначається, насамперед, об'ємом його робочої камери (чаші кутера, діжі фаршесмішувача, універсальної термокамери, кліматичної камери тощо).

Враховуючи те, що, як буде показано нижче, тривалість циклів технологічної обробки ковбасних виробів різного виду може відрізнятися більше, ніж утричі, а також враховуючи вкрай різні обсяги виробництва різних видів ковбасних виробів, пропонується наступний вираз для визначення об'єму робочої камери обладнання періодичної дії (для наочності наведено вираз для визначення продуктивності кутера):

$$V_{обл} = \frac{Q_1 \cdot \tau_{ц}}{\beta \cdot \rho_{фар}} = \frac{1}{\beta \cdot \rho_{фар} \cdot \tau_{роб.обл.}^{доб}} \cdot [M_{вар}^{фар} \cdot (\tau_{вар}^{техн} + \tau_{доп}) + M_{сос}^{фар} \cdot (\tau_{сос}^{техн} + \tau_{доп}) + M_{сард}^{фар} \cdot (\tau_{сард}^{техн} + \tau_{доп}) + M_{в-к}^{фар} \cdot (\tau_{в-к}^{техн} + \tau_{доп}) + M_{н-к}^{фар} \cdot (\tau_{н-к}^{техн} + \tau_{доп}) + M_{с-к}^{фар} \cdot (\tau_{с-к}^{техн} + \tau_{доп}) + M_{с-в}^{фар} \cdot (\tau_{с-в}^{техн} + \tau_{доп})], \text{ м}^3 \quad (8)$$

де $\tau_{цикл}$ - загальна тривалість циклу обробки сировини в обладнанні, хв (див. табл. 4); $\tau_{техн}$ - тривалість технологічної обробки сировини в обладнанні, хв; $\tau_{вар}^{техн}$ - тривалість технологічної обробки фаршу варених ковбас, хв; $\tau_{вар}^{техн}$ - тривалість технологічної обробки фаршу сосисок, хв; $\tau_{вар}^{техн}$ - тривалість технологічної обробки фаршу сарделок, хв; $\tau_{вар}^{техн}$ - тривалість технологічної обробки фаршу варено-копчених ковбас, хв; $\tau_{вар}^{техн}$ - тривалість технологічної обробки фаршу напівкопчених ковбас, хв; $\tau_{вар}^{техн}$ - тривалість технологічної обробки фаршу сирокочених ковбас, хв; $\tau_{вар}^{техн}$ - тривалість технологічної обробки фаршу сиров'ялених ковбас, хв; $\tau_{доп}$ - тривалість допоміжних операцій за цикл обробки сировини в обладнанні, хв; β - коефіцієнт завантаження робочої ємності обладнання (приймається згідно технічних характеристик обладнання певної моделі; для кутерів $\beta=0,8-0,85$); $\rho_{фар}$ - густина м'ясного фаршу, кг/м³ (в середньому 1050-1126 кг/м³, при збільшенні вмісту жиру значення густини фаршу зменшується).

Отримане значення $V_{обл}$ слід округлити в більший бік відповідно до стандартних значень згідно технічних характеристик обладнання в каталогах компаній, які його виготовляють.

Тривалість допоміжних операцій $\tau_{доп}$ за цикл обробки сировини в обладнанні в свою чергу залежить від наступних чинників (для вакуумного кутера або вакуумного фаршесмішувача):

$$\tau_{доп} = \tau_{підк} + \tau_{зав} + \tau_{ск.вак.} + \tau_{криш} + \tau_{вив} + \tau_{відк}, \text{ хв} \quad (9)$$

$\tau_{підк}$ - тривалість підкочування візка з фаршем до захватів завантажувального механізму машини, хв; $\tau_{зав}$ - тривалість завантаження сировини із візка, хв; $\tau_{ск.вак.}$ - тривалість скидування вакууму в робочій камері обладнання після закінчення циклу технологічної обробки, хв; $\tau_{криш}$ - тривалість відкривання вакуумної кришки робочої камери обладнання (для кутерів - кришки чаші), хв; $\tau_{вив}$ - тривалість вивантаження сировини у візок, хв;

$\tau_{відк}$ – тривалість відкочування візка з фаршем на наступну технологічну операцію, хв; $\tau_{сух.зач.}$ – тривалість сухої зачистки кутера перед завантаженням наступної порції сировини, хв.

Значення $\tau_{доп}$ визначаються експериментальним шляхом для різних видів обладнання і для різних його типорозмірів. Вони наведені в табл. 5.

Етап 6. Коригування розрахунку.

У випадку, коли отримане значення $V_{обл}$ є більшим за максимальне стандартне значення згідно каталогів компаній-виготівників чи є більшим за очікуване значення, слід скоригувати прийняту кількість одиниць обладнання $N_{обл}$ або прийняту кількість робочих змін за добу (яка визначає значення загальний час для роботи відділення цеху за добу $\tau_{від.}^{доб}$, див. табл. 2 і рис. 2) або ж обидва зазначені параметри. Після цього слід провести розрахунок знову.

Етап 7. Визначення необхідних виробничих площ для розміщення технологічного обладнання відповідно до його габаритів, порядку його експлуатації, напрямку технологічного потоку, діючих норм тощо.

Рекомендації щодо вибору технологічного обладнання

Вовчки на сьогодні представлені в широкій гаммі моделей провідними світовими виробниками. При великих обсягах виробництва варто звернути увагу на вовчки-дробарки, при досить не високих обсягах – на комбіновані вовчки-мішалки, використання яких дозволить зменшити капітальні витрати та використовувати виробничі площі.

Для ефективного змішування різних фаршів слід використовувати вакуумні фаршезмішувачі. Змішувальні вали у них можуть бути як лопатевими так і z-подібними. Останні ефективно змішують рідкі та в'язкі фарші. Якщо проектується технологічна лінія потокової дії, то слід використовувати парну кількість фаршезмішувачів – поки з одного фаршезмішувача видається сировина на наступну технологічну операцію, інший проводить змішування фаршу.

У випадку значних обсягів виробництва сирокочених і сиров'ялених ковбас доцільним є використання двоголовочних кутерів (Seydelmann Bi-Cut K 552 або GEA CutMaster DUO). Вони мають двічі вищу продуктивність при тому ж об'ємі чаші, меншу вартість та менші габарити у порівнянні із двома звичайними кутерами того ж об'єму. Але даний позитивний ефект від їх використання є актуальним саме при виготовленні означених видів ковбас. Оскільки м'ясні емульсії (білкові або жирові) готуються завчасно, то для їх приготування варто виділяти спеціалізовані допоміжні кутери (якщо тоннажність виробництва це дозволяє). Так на підприємстві із середньою потужністю 80 т ковбасних виробів за добу використовується 4 кутера із об'ємом чаші 500 л і 1 кутер із об'ємом чаші 750 л. При цьому 1 кутер об'ємом 330 л є допоміжним.

При виготовленні варених ковбасних виробів, на зрізі готового продукту яких мають бути м'ясні волокна, емульсатор не використовується. В тому випадку, коли зріз готових ковбас має бути без волокон (маслоподібним), то після кутера фарш повинен пройти фінішне (тонке) подрібнення на емульсаторі. Слід звернути увагу на те, що при використанні емульсаторів Seydelmann Konti-Kutter, які мають вертикальне розташування ножового валу і у яких різальний комплект складається з перфорованих дисків, достатньо кутерувати м'ясну емульсію до досягнення температури $-2...-1$ °C. Тоді як при використанні емульсаторів типу Inotec або інших однотипних машин із горизонтальним ножовим валом м'ясну емульсію слід кутерувати на кутері до досягнення температури $+5$ °C. Тобто, використання емульсаторів типу Seydelmann Konti-Kutter дозволяє суттєво скоротити тривалість циклу кутерування, помітно підвищуючи фактичну продуктивність технологічної лінії при цьому. Вочевидь, такий вплив температури емульсії на ефективність роботи емульсатора обумовлений різною геометрією робочої зони різних типів емульсаторів, а відтак і різною гідродинамікою сировини в них [22] та [23]. Тобто, холоднішої емульсії важче проходити крізь робочу зону емульсатора, а значить у відповідних випадках слід використовувати теплішу емульсію, що і наведено вище.

Шприци для набивки ковбасних виробів обов'язково мають бути вакуумними. Їх продуктивність і кількість мають бути такими, щоб фарш ковбасних виробів після кутерування чи змішування довго не простоював. Так при використанні у складі фаршів регулятора кислотності глюконо-дельта-лактону (GDL) тривалість простоювання кутерованих фаршів перед шприцюванням не повинна перевищувати 20 хв, оскільки за етапом шприцювання йдуть довготривалі етапи осаджування та термообробки ковбас, а після 4 годин глюконо-дельта-лактон перестає виконувати свої функції і це призводить до порушеної (порваної) структури фаршу в ковбасному батоні.

Термокамери можуть бути 1-2 рамними, а можуть бути розрахованими на 4-5 рам. Якщо в машинному відділенні використовуються кутери об'ємом не більше 330 л, то достатньо використання 1-2 рамних термокамер. При більшій продуктивності машинного відділення необхідно використовувати термокамери, що розраховані на 4-5 рам.

Визначення фактичного часу на роботу обладнання при різній змінності роботи цеху

Робота м'ясопереробних підприємств може відбуватись в 1 зміну, в 2 зміни або в 3 зміни за добу. Більшій потужності підприємства відповідатиме більша кількість змін за добу. Тривалість зміни, зазвичай, є рівною 8 годин. При великих обсягах виробництва тривалість зміни може сягати 12 годин.

Ковбасний цех, найчастіше, складається з трьох основних відділень, які оснащені

технологічним обладнанням: машинного, термічного та пакування і контролю якості. В машинному відділенні відбувається подрібнення м'яса, складання фаршу та набивка ковбасних батонів. В термічному відділенні відбуваються всі етапи термічної обробки ковбасних виробів. У відділенні пакування і контролю якості відбувається упаковка ковбасних виробів та проводиться контроль якості готової продукції.

Відповідно до особливостей технології виготовлення ковбас більшість технологічних процесів є послідовними. Відтак, для певного виду технологічного обладнання кількість часу, відведеного на його роботу на протязі доби визначається за виразом (5). Відповідні значення часу для роботи того чи іншого відділення за добу $\tau_{від.}^{доб}$ наведені в табл. 2, а схеми розподілення робочого часу при різних змінності роботи цеху – на рис. 2.

При невисокій потужності цеху його робота відбувається в одну зміну (рис. 2, а). В такому разі усі відділення повинні закінчити свою роботу до кінця першої зміни. Зважаючи на тривалість операцій термообробки, робота термічного відділення є найдовшою. Відтак, на роботу машинного відділення відводиться значно менше часу (менше половини зміни). Тривалість роботи відділення пакування і контролю якості є найменшою.

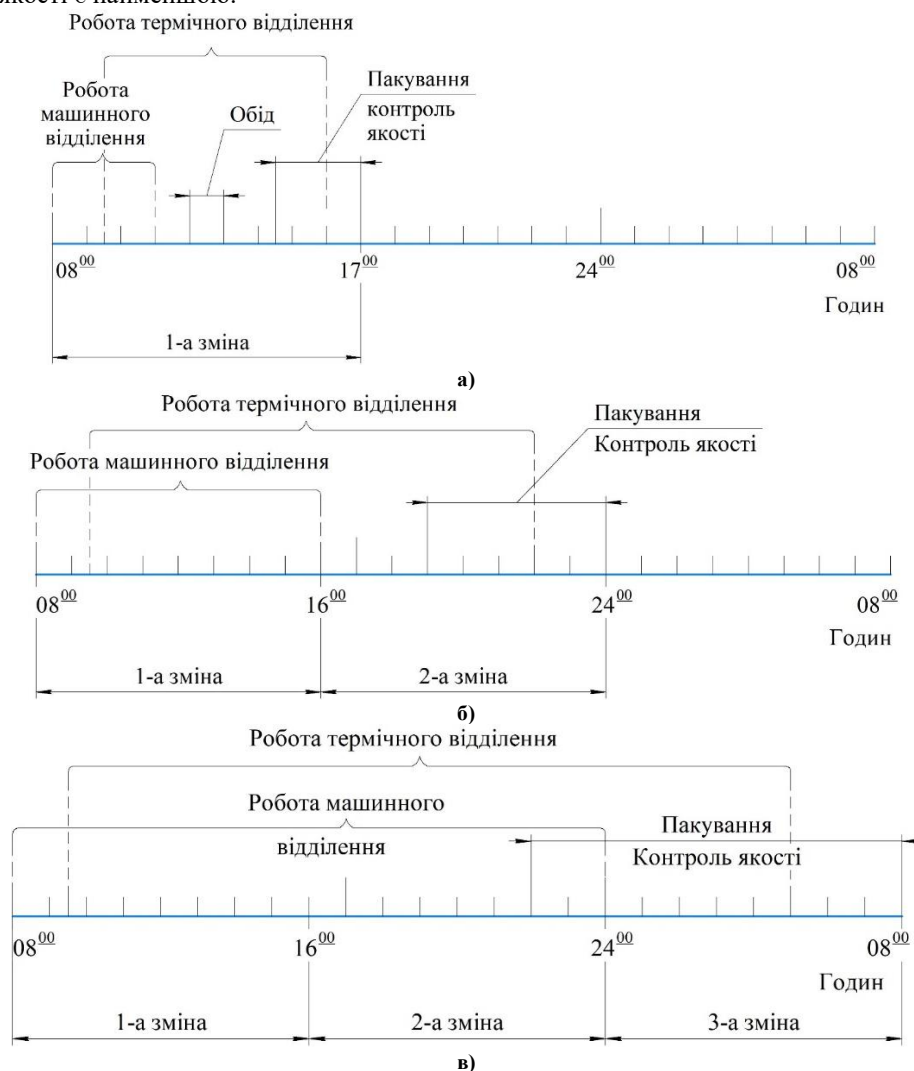


Рис. 2. Схеми розподілення робочого часу $\tau_{від.}^{доб}$ для роботи того чи іншого відділення за добу при різних змінності роботи цеху: а – однозмінна; б – двозмінна; в – трьох-змінна

Таблиця 2

Тривалість часу для роботи відділення ковбасного цеху за добу

Назва відділення ковбасного цеху	Тривалість роботи того чи іншого відділення за добу $\tau_{від.}^{доб}$ (годин) при різних змінності роботи цеху		
	1 зміна	2 зміни	3 зміни
Машинне	3±0,1	7,5±0,3	16±0,5
Термічне	6,5±0,5	12,5±0,6	19,5±0,2
Пакування і контролю якості	2,5±0,2	5-6±0,3	10±0,24

При необхідності збільшення потужності цеху його робота організовується в дві зміни (рис. 2, б). На першій зміні відбувається робота машинного відділення. А робота термічного відділення здійснюється частково на першій зміні і протягом усієї другої зміни, за виключенням кінцевого етапу пакування та контролю якості продукції. При цьому в першу зміну термооброблюються ковбасні вироби вареної групи (оскільки їх фарш має бути швидко термооброблений щоб не втратити свою якість), а в другу зміну на термообробку з осаджування надходять ковбаси копченої групи.

Максимальної потужності цеху можна досягти при організації його роботи в три зміни (цілодобово, рис. 2, в). В такому разі машинне відділення працює в дві зміни, а термічне – майже у 3 зміни.

Відповідно до виразу (5) загальний час, відведений на роботу даного виду обладнання за добу, залежить, в тому числі і від загального часу простоювання обладнання за добу $\tau_{прот.}^{доб}$, яке спричинене низкою перерв в роботі відділення. Тривалість простоювання обладнання за зміну $\tau_{прот.}^{зм}$ визначається з міркувань, що наведені нижче. В якості найбільш типового випадку наведено послідовність дій оператора кутера на рис. 3.

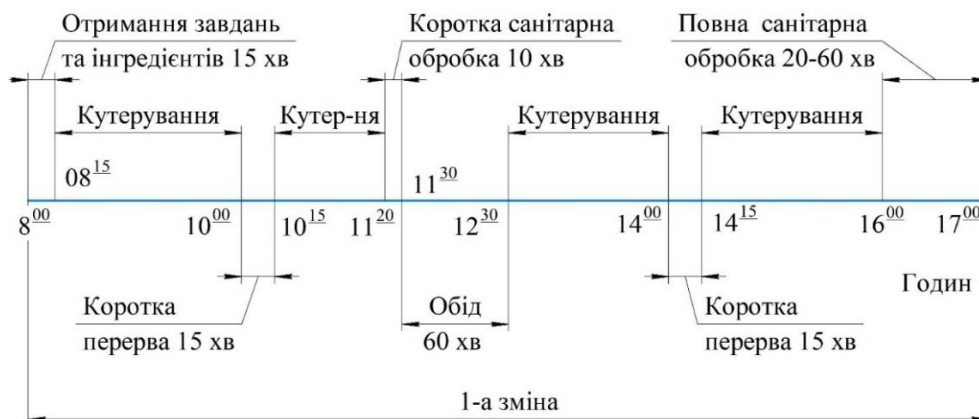


Рис. 3. Тривалість робочого часу $\tau_{роб. кут.}^{зм}$ для роботи кутера протягом однієї зміни для дво- або тризмінної роботи цеху

При початку робочої зміни о 8⁰⁰ годині майстер ділянки видає завдання на першу половину дня, а також необхідну кількість сировини та інші інгредієнти. Перша порція сировини транспортується до кутера о 8¹⁵. Далі оператор кутера відповідно до кількості сировини набирає лусковий лід та спеції і починає процес кутерування. О 10⁰⁰ годині починається 15-хвилинна перерва, яку робітники використовують для власних потреб. Далі з 10¹⁵ до 11³⁰ продовжується процес кутерування.

З 11³⁰ до 12³⁰ - обід. Але перед виходом на обід оператор кутера повинен здійснити коротку санітарну обробку кутера протягом 10 хв (для запобігання псуванню залишків сировини в кутері та наступної крос-контамінації нових порцій сировини). Далі з 12³⁰ до 14⁰⁰ знову продовжується процес кутерування. Протягом 14⁰⁰-14¹⁵ відбувається коротка перерва і потім до 16⁰⁰-16⁴⁰ здійснюється процес кутерування. Наприкінці зміни здійснюється санітарна обробка кутера (20 хв перед наступною зміною і 60 хв, якщо дана зміна була останньою). О 17⁰⁰ годині робітник повинен вже вийти з цеху, оскільки підприємство здійснює централізоване розвезення робітників власним автотранспортом.

Робота вовчка при початку зміни починається на 10 хв раніше, ніж кутера. Робота фаршмішалки та шприца – на 15-25 хв пізніше, ніж кутера. Термокамери починають працювати при завантаженості перших 5-ти рам продуктом (якщо термокамера 5-рамна).

Якщо машинне відділення працює у дві зміни (друга зміна починається о 17⁰⁰) то на її початку усі машини починають працювати безпосередньо о 17⁰⁰ без 15-хвилинного простоювання (див. вище). При роботі цеху у 2 чи 3 зміни протягом цього періоду необхідно забезпечити ретельну санітарну обробку термокамер (1-2 години). Протягом цього часу термічне відділення не працює. Сумарні значення загального часу простоювання обладнання за зміну $\tau_{прот.}^{доб}$ наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Тривалість простоювання обладнання за зміну, яке спричинене низкою перерв в роботі відділення

Вид обладнання	Тривалість простоювання обладнання за зміну $\tau_{прот.}^{зм}$, годин
Вовчок	$2^{30} \pm 0^{12}$
Фаршезмішувач	$2^{15} \pm 0^{10}$
Кутер	$2^{40} \pm 0^{15}$
Шприц	$2^{15} \pm 0^{10}$
Термокамера	$2^{00} \pm 0^{10}$

Визначення тривалості циклів технологічної обробки м'ясної сировини на різних технологічних операціях

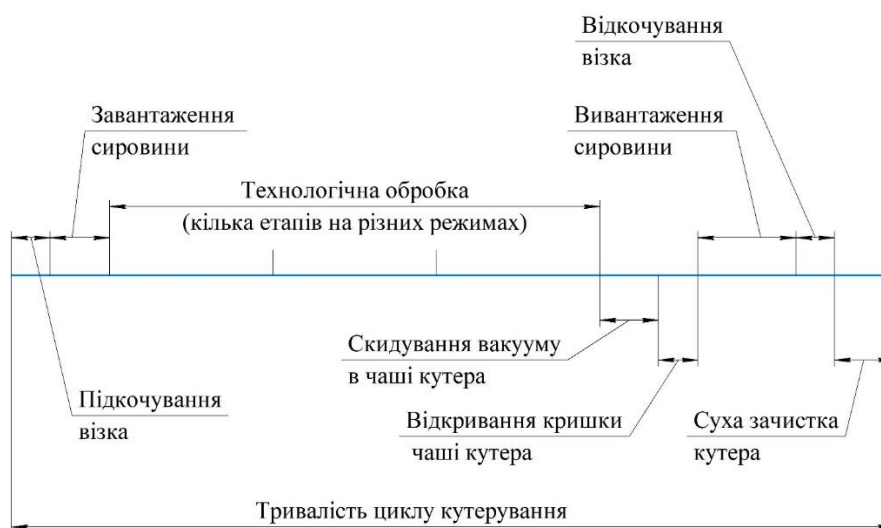
Тривалість циклів технологічної обробки м'ясної сировини на різних операціях, які здійснюються за допомогою обладнання періодичної дії відповідно до сучасних технологічних регламентів, наведена в табл. 4. Якщо в цеху виготовляються і свинокопченості, то тривалість масажування сировини складає 8 годин. При виготовленні балика «Дарницький» його засолювання триває кілька діб.

Таблиця 4

Тривалість циклів технологічної обробки м'ясної сировини	
Вид ковбасних виробів	Тривалість циклу технологічної обробки $\tau_{техн}$
Кутерування	
Варені ковбаси	25-30 хв
Сосиски	25 хв
Сардельки	20 хв
Варено-копчені та напів-копчені	10 хв
Сирокопчені та сиров'ялені	8 хв
Фаршезмішування	
Варена група	20 хв
Копчена група	8 хв
Осаджування	
Варена група	2 - 4 години
Копчена група	8 - 48 годин
Термічна обробка (усі етапи)	
Варені ковбаси	4 години
Сосиски і сардельки	1,5 - 2 години
Напівкопчені	3,5 - 4 години
Сирокопчені та сиров'ялені	Оброблюються близько 15-50 діб відповідно до технології

Визначення тривалості допоміжних операцій при роботі обладнання

Тривалість допоміжних операцій (загальна та поетапно) для різних видів і моделей обладнання періодичної дії наведена в табл. 5. На рис. 4 наведено схему визначення тривалості циклу кутерування $\tau_{кул}^{цикл}$ із зазначенням окремих видів допоміжних операцій. Окремо слід виділити те, що відповідно до сучасних санітарно-гігієнічних вимог, після кожного циклу кутерування оператором повинна здійснюватись суха зачистка кутера.

Рис. 4. Схема визначення тривалості циклу кутерування $\tau_{кул}^{цикл}$.

Порівнюючи дані табл. 4 і 5 можна дійти висновку, що тривалість допоміжних операцій суттєво впливає на тривалість циклу обробки сировини в кутерах і у фаршезмішувачах ($\tau_{доп}$ складає до 30% від $\tau_{цикл}$). В той же час при визначенні загальної тривалості циклу обробки сировини в термокамерах тривалістю допоміжних операцій можна фактично знехтувати.

Таблиця 5

Тривалість допоміжних операцій для обладнання періодичної дії

Модель обладнання	Тривалість допоміжних операцій, умовні позначення згідно (9)							
	$\tau_{\text{підк, с}}$	$\tau_{\text{зав, с}}$	$\tau_{\text{ск.вак, с}}$	$\tau_{\text{криш, с}}$	$\tau_{\text{вив, с}}$	$\tau_{\text{відк, с}}$	$\tau_{\text{сух.зач, с}}$	$\tau_{\text{доп, хв}}$
Кутери								
Laska Kutter K 60	6 $\pm 0,1$	10 $\pm 0,2$	2 $\pm 0,1$	3 $\pm 0,1$	20 $\pm 0,7$	5 $\pm 0,1$	10 $\pm 0,2$	00 ⁵⁶
Seydelmann K 324	17 $\pm 0,4$	12 $\pm 0,1$	3 $\pm 0,1$	11 $\pm 0,4$	47 $\pm 0,8$	10 $\pm 0,2$	20 $\pm 0,3$	02 ⁰⁰
Laska Kutter KU 500	15 $\pm 0,5$	11 $\pm 0,3$	4 $\pm 0,3$	12 $\pm 0,5$	74 $\pm 0,9$	20 $\pm 0,7$	25 $\pm 0,6$	02 ⁴⁵
Alpina Swopper SW 500	16 $\pm 0,4$	11 $\pm 0,5$	4 $\pm 0,3$	12 $\pm 0,6$	72 $\pm 0,8$	20 $\pm 0,6$	25 $\pm 0,7$	02 ⁴⁴
Laska Kutter Highlight KU 750	15 $\pm 0,5$	12 $\pm 0,4$	5 $\pm 0,1$	13 $\pm 0,3$	94 $\pm 0,9$	33 $\pm 0,7$	48 $\pm 0,8$	03 ⁴⁰
Фаршезмішувачі								
Laska ME 500 N	15 $\pm 0,3$	46 $\pm 0,5$	4 $\pm 0,1$	11 $\pm 0,2$	38 $\pm 0,7$	10 $\pm 0,6$	40 $\pm 0,9$	02 ⁴⁴
Seydelmann VMR600	30 $\pm 0,8$	52 $\pm 0,6$	5 $\pm 0,3$	12 $\pm 0,5$	48 $\pm 0,9$	32 $\pm 0,7$	41 $\pm 0,7$	03 ⁴⁰
Термокамери								
Ducomaster 7500	81 $\pm 0,8$	6 $\pm 0,1$	-	-	-	87 $\pm 0,9$	-	2 ⁵⁴
Doleschal	135 $\pm 0,9$	8 $\pm 0,2$	-	-	-	142 $\pm 0,8$	-	4 ⁴⁴

Оцінка точності запропонованої методології проектування технологічних ліній ковбасного виробництва

Оцінка точності запропонованої методології проектування технологічних ліній ковбасного виробництва проводилась при наступних вихідних даних. Узагальнений асортимент продукції ковбасного цеху із середньою продуктивністю 53 т/добу наведено в табл. 6. Режим роботи цеху – тризмінний.

Таблиця 6

Узагальнений асортимент продукції ковбасного цеху із середньою продуктивністю 53 т/добу

Найменування продукції	Кількість продукту		Найменування продукції %	Кількість продукту	
	%	тон		%	тон
Варені ковбаси: Лікарська, Теляча з вершками, Мортаделька, Боярська, Глобинська	40	21,2	Сирокопчені ковбаси: Салямі Італійська, Салямі Соборна	9	4,77
Сосиски: Молочні, Нямські з сиром, Нямські зі свинини, Нямські з індичатиною, Нямські з курятиною, Нямські з телятиною, Підкопчені	15	7,95	Напівкопчені ковбаси: Салямі Бенкетна, Посольська, Дрогобицька, Салямі Преміум, Краківська, Салямі Віденська	12	6,36
Сардельки: Ситий Пан, Мортадельки, Молочні	10	5,3	Сиров'ялені ковбаси: Фует де Віла, Фует де Іберіко	9	4,77
Ковбаски для гриля (н/ф): Мюнхенські, Часникові, Медітерано	5	2,65	Разом	100	53

Зважаючи на обсяг даної статті, авторами наведено результати порівняльного розрахунку для відомої методики і для розробленої для граничного випадку, при якому взяті до уваги усі досліджувані чинники.

Загальний об'єм чаш кутерів (л), який необхідний для виготовлення 53 т/добу ковбасних виробів зазначеного вище асортименту за розробленою методикою та за відомою, наведений на рис. 5.

Як слідує з результатів розрахунку, за розробленою методикою є необхідним залучення кутерів із загальним об'ємом чаш, що у 6,1 рази перевищує відповідне значення за відомою методикою (див.

вираз (1) тощо). Такі результати пояснюються значно меншим часом на суто процес кутерування, який можна визначити за розробленою методикою у порівнянні із відомою.

Відтак, при проектуванні технологічної лінії виготовлення ковбасних виробів за раніше відомою методикою продуктивності основного технологічного обладнання буде вкрай замало (до 6 разів менше) щоб забезпечити надійне виготовлення запланованого асортименту готової продукції. Це доводить раціональність запропонованих в даній роботі рішень.

Результати розрахунку за розробленою методикою добре співвідносяться з характеристиками технологічної лінії, що використовується на ТОВ «Глобинський м'ясокомбінат» (похибка розрахунку не перевищує 15%).

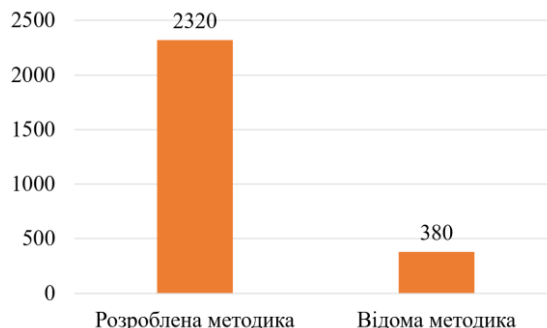


Рис. 5. Загальний об'єм чаш кутерів (л), який необхідний для виготовлення 53 т/добу ковбасних виробів зазначеного вище асортименту за розробленою і за відомою методиками

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Проведено аналіз наявних підходів до проектування технологічних ліній ковбасного виробництва, зокрема, до визначення часу роботи обладнання у виробничих умовах, його номенклатури та продуктивності. На основі результатів аналізу запропоновано вдосконалену методику проектування технологічних ліній ковбасного виробництва.

Виявлено, що тривалість фактичного робочого часу, який відведений на роботу того чи іншого виду технологічного обладнання при одно-, дво- та тризмінній роботі підприємства відповідно до графіку технологічного процесу може складати 37-62% від тривалості робочої зміни. Визначено, що тривалість циклів технологічної обробки на різних технологічних операціях за сучасними технологічними регламентами може суттєво відрізнятися від тих значень, що наведені у відомій літературі. Так тривалість кутерування фаршів для ковбасних виробів вареної групи може сягати 20-30 хв, на відміну від 10 хв у відомих літературних джерелах. Встановлено, що тривалість допоміжних операцій за цикл кутерування, залежно від типорозміру кутера, може складати 00⁵⁶ - 03⁴⁰ хв, причому кутерам меншого типорозміру відповідає суттєво менша тривалість допоміжних операцій. Частка допоміжних операцій при кутеруванні та фаршесмішуванні може сягати 30% від загальної тривалості циклу обробки сировини в цих машинах. Натомість тривалістю допоміжних операцій при термічній обробці ковбасних виробів можна знехтувати при проектуванні технологічних ліній, зважаючи на те, що тривалість допоміжних операцій складає лише 3-5 хв, а тривалість технологічної обробки складає 1,5-4 години.

Виявлено, що, відповідно до сучасних санітарно-гігієнічних норм системи НАССР, суттєву частку робочої зміни займає санітарна обробка технологічного обладнання. Так для кутерів сумарні витрати часу на санітарну обробку машини можуть складати 1-1,5 години за зміну. Аналогічним чином у випадку цілодобової роботи ковбасного цеху, тривалість санітарної обробки термокамер може сягати 2-х годин. Встановлено, що за запропонованою методикою проектування технологічних ліній ковбасного виробництва точність розрахунків може бути до 6-ти разів вищою у порівнянні із відомими підходами. При цьому обране за відомими підходами технологічне обладнання буде просто не в змозі забезпечити належну продуктивність технологічної лінії, оскільки матиме вкрай низьку продуктивність. Подальші дослідження з даного напрямку доцільно присвятити виявленню факторів, які визначають необхідну продуктивність технологічного обладнання, що використовується при виготовленні м'ясних виробів так званої «делікатесної групи» - баликів, шинки тощо.

Література

1. Bogdan, O. D., Mihaiu, R., Fodorean, M. D., & Harsan, I. D. (2021). Study on the development of the kaizen system at a meat processing unit. *Managerial Challenges of the Contemporary Society*, 141. <https://www.proquest.com/openview/6b5619686e5c6d51c69e076f7270a3fb/1>
2. Haji, R., & Haji, B. (2010). Optimal batch production for a single machine system with accumulated defectives and random rate of rework. *Journal of Industrial and Systems Engineering*, 3(4), 243–256. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.17358272.2010.3.4.2.2>

3. Hammer, G. F., & Stoyanov, S. (2010). Cutting cooked sausage emulsion. Part 1: Technological investigations. *Fleischwirtschaft*. https://scholar.google.com/citations?user=ANek_woAAAAJ&hl=bg
4. Kurata, Y. B., Maas, A. C., & Grepo, L. C. (2015). Manpower utilization in the hotdog meat processing production of a meat processing company. *Procedia Manufacturing*, 3, 340–345. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.168>
5. Denti, M., Pisanu, M., Usai, E., Checchi, A., & Casazza, S. (2008). Hygienic and safety guidelines for the design of small-scale sausage factories. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20173223400>
6. Saira, C. P., Maria, P. G., & Ramanathan, H. (2019). Facility layout improvement for enhancing productivity: An application of systematic plant layout. *Vallis Aurea*, 5(2), 5–19. <https://doi.org/10.2507/IJVA.5.2.1.62>
7. Sivaks, A. N., Dibrova, Z. N., Zhukova, N. V., Zhenzhebir, V. N., & Okhramenko, S. A. (2021). Factory accounting and assessment of uncooked smoked sausages production efficiency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 839(2), 022063. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/839/2/022063>
8. Polon, P. E., Gonçalves, C. M. A., Jorge, L. M. M., & Paraiso, P. R. (2009). Optimal production scheduling for the sausage industry. *Computer Aided Chemical Engineering*, 27, 717–722. [https://doi.org/10.1016/S1570-7946\(09\)70340-2](https://doi.org/10.1016/S1570-7946(09)70340-2)
9. Akpan, I. P. (2017). Trends in sausage production. *African Journal of Food Science and Technology*, 8(5), 81–84. <https://doi.org/10.14303/ajfst.2017.089>
10. Carballo, J. (2021). Sausages: Nutrition, safety, processing and quality improvement. *Foods*, 10(4), 890. <https://doi.org/10.3390/foods10040890>
11. Han, Z., Guan, M., Liu, H., Chang, D., & Sun, L. (2024). Intelligent optimisation scheduling of raw material area in sausage production line. *International Journal of Simulation and Process Modelling*, 20(4), 239–254. <https://doi.org/10.1504/IJSPM.2023.138580>
12. Biçer, Ş. (2020). *A study on risk assessment regarding sausage production line* [Master's thesis, Middle East Technical University]. <https://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12625512/index.pdf>
13. Güngör, E., & Gökoğlu, N. (2010). Determination of microbial contamination sources at a Frankfurter sausage processing line. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 34(1), Article 8. <https://doi.org/10.3906/vet-0805-28>
14. Curt, C., Trystram, G., Nogueira-Terrones, H., & Hossenlopp, J. (2004). A method for the analysis and control of sensory properties during processing – Application to the dry sausage process. *Food Control*, 15(5), 341–349. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(03\)00084-7](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(03)00084-7)
15. Shrestha, B., Sapkota, B., Shrestha, R., & Karki, T. (2008). Study of hazard analysis critical control point (HACCP) system in sausage production plants. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 9001. <https://www.researchgate.net/publication/303402283>
16. Georgiadis, G. P., Elekidis, A. P., & Georgiadis, M. C. (2019). Optimization-based scheduling for the process industries: From theory to real-life industrial applications. *Processes*, 7(7), 438. <https://doi.org/10.3390/pr7070438>
17. Physica-Verlag HD. (2005). Shelf life integration in sausage production. In *Advanced planning in fresh food industries* (pp. 143–155). *Contributions to Management Science*. https://doi.org/10.1007/3-7908-1646-9_8
18. Alborno, V. M., Gonzalez-Araya, M., Gripe, M. C., Rodriguez, S. V., & Treviño, J. (2015). An optimization model for planning operations in a meat packing plant. In D. de Werra, G. Parlier, & B. Vitoriano (Eds.), *Operations Research and Enterprise Systems. ICORES 2015* (Vol. 577, pp. 123–137). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-27680-9_9
19. Kurata, Y. B., Matias, A. C., & Grepo, L. C. (2015). Manpower utilization in the hotdog meat processing production of a meat processing company. *Procedia Manufacturing*, 3, 340–345. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.168>
20. Putri, N. A. S. (2023). *Analyzing the work process and manpower to produce optimal output in cocktail sausage* [Bachelor's thesis, Indonesia International Institute for Life Sciences]. <http://repository.i3l.ac.id/jspui/handle/123456789/608>
21. Батраченко, О. В., Вечірко, Т. О., & Грабова, І. О. (2023). Варіанти машинно-апаратного оформлення етапу виготовлення м'ясного фаршу. У *Сталий ланцюг харчування та безпека крізь науку, знання та бізнес: тези доповідей міжнар. наук.-практ. конф.* (с. 7–8). Харків: ДБТУ. <https://biotechuniv.edu.ua/wp-content/uploads/2023/06/mater-conf-18-05-23.pdf>
22. Батраченко, О. В., & Літовченко, І. М. (2017). Дослідження гідродинаміки м'ясної сировини в бункері емульсатору з горизонтальним живлячим патрубком. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*, (2), 7–12. [http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/pdfbase/2017/2017_2/\(247\)%202017-2-t.pdf](http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/pdfbase/2017/2017_2/(247)%202017-2-t.pdf)
23. Мирошніченко, К. А., & Батраченко, О. В. (2016). Витратні характеристики бункерів емульсаторів. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*, (5), 14–18. [http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/pdfbase/2016/2016_5/\(241\)%202016-5-t.pdf](http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/pdfbase/2016/2016_5/(241)%202016-5-t.pdf)

References

1. Bogdan, O. D., Mihaiu, R., Fodorean, M. D., & Harsan, I. D. (2021). Study on the development of the kaizen system at a meat processing unit. *Managerial Challenges of the Contemporary Society*, 141. <https://www.proquest.com/openview/6b5619686e5c6d51c69e076f7270a3fb/1>
2. Haji, R., & Haji, B. (2010). Optimal batch production for a single machine system with accumulated defectives and random rate of rework. *Journal of Industrial and Systems Engineering*, 3(4), 243–256. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.17358272.2010.3.4.2.2>
3. Hammer, G. F., & Stoyanov, S. (2010). Cutting cooked sausage emulsion. Part 1: Technological investigations. *Fleischwirtschaft*. https://scholar.google.com/citations?user=ANek_woAAAAJ&hl=bg
4. Kurata, Y. B., Maas, A. C., & Grepo, L. C. (2015). Manpower utilization in the hotdog meat processing production of a meat processing company. *Procedia Manufacturing*, 3, 340–345. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.168>
5. Denti, M., Pisanu, M., Usai, E., Checchi, A., & Casazza, S. (2008). Hygienic and safety guidelines for the design of small-scale sausage factories. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20173223400>
6. Saira, C. P., Maria, P. G., & Ramanathan, H. (2019). Facility layout improvement for enhancing productivity: An application of systematic plant layout. *Vallis Aurea*, 5(2), 5–19. <https://doi.org/10.2507/IJVA.5.2.1.62>
7. Sivaks, A. N., Dibrova, Z. N., Zhukova, N. V., Zhenzhebir, V. N., & Okhramenko, S. A. (2021). Factory accounting and assessment of uncooked smoked sausages production efficiency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 839(2), 022063. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/839/2/022063>
8. Polon, P. E., Gonçalves, C. M. A., Jorge, L. M. M., & Paraiso, P. R. (2009). Optimal production scheduling for the sausage industry. *Computer Aided Chemical Engineering*, 27, 717–722. [https://doi.org/10.1016/S1570-7946\(09\)70340-2](https://doi.org/10.1016/S1570-7946(09)70340-2)
9. Akpan, I. P. (2017). Trends in sausage production. *African Journal of Food Science and Technology*, 8(5), 81–84. <https://doi.org/10.14303/ajfst.2017.089>
10. Carballo, J. (2021). Sausages: Nutrition, safety, processing and quality improvement. *Foods*, 10(4), 890. <https://doi.org/10.3390/foods10040890>
11. Han, Z., Guan, M., Liu, H., Chang, D., & Sun, L. (2024). Intelligent optimisation scheduling of raw material area in sausage production line. *International Journal of Simulation and Process Modelling*, 20(4), 239–254. <https://doi.org/10.1504/IJSPM.2023.138580>
12. Biçer, Ş. (2020). A study on risk assessment regarding sausage production line [Master's thesis, Middle East Technical University]. <https://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12625512/index.pdf>
13. Güngör, E., & Gököglu, N. (2010). Determination of microbial contamination sources at a Frankfurter sausage processing line. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 34(1), Article 8. <https://doi.org/10.3906/vet-0805-28>
14. Curt, C., Trystram, G., Nogueira-Terrones, H., & Hossenlopp, J. (2004). A method for the analysis and control of sensory properties during processing – Application to the dry sausage process. *Food Control*, 15(5), 341–349. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(03\)00084-7](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(03)00084-7)
15. Shrestha, B., Sapkota, B., Shrestha, R., & Karki, T. (2008). Study of hazard analysis critical control point (HACCP) system in sausage production plants. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 9001. <https://www.researchgate.net/publication/303402283>
16. Georgiadis, G. P., Elekidis, A. P., & Georgiadis, M. C. (2019). Optimization-based scheduling for the process industries: From theory to real-life industrial applications. *Processes*, 7(7), 438. <https://doi.org/10.3390/pr7070438>
17. Physica-Verlag HD. (2005). Shelf life integration in sausage production. In *Advanced planning in fresh food industries* (pp. 143–155). Contributions to Management Science. https://doi.org/10.1007/3-7908-1646-9_8
18. Albornoz, V. M., Gonzalez-Araya, M., Gripe, M. C., Rodriguez, S. V., & Treviño, J. (2015). An optimization model for planning operations in a meat packing plant. In D. de Werra, G. Parlier, & B. Vitoriano (Eds.), *Operations Research and Enterprise Systems. ICORES 2015* (Vol. 577, pp. 123–137). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-27680-9_9
19. Kurata, Y. B., Matias, A. C., & Grepo, L. C. (2015). Manpower utilization in the hotdog meat processing production of a meat processing company. *Procedia Manufacturing*, 3, 340–345. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.168>
20. Putri, N. A. S. (2023). Analyzing the work process and manpower to produce optimal output in cocktail sausage [Bachelor's thesis, Indonesia International Institute for Life Sciences]. <http://repository.i3l.ac.id/jspui/handle/123456789/608>
21. Batrachenko, O. V., Vechirko, T. O., & Hrabova, I. O. (2023). Varianty mashynno-aparaturnoho oformlennia etapu vyhotovlennia miasnoho farshu. U Stalyi lantsiuh kharchuvannia ta bezpeka kriz nauku, znannia ta biznes: tezy dopovidei mizhnar. nauk.-prakt. konf. (s. 7–8). Kharkiv: DBT