

**ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА
В ЗАДАЧАХ СИНТЕЗА СТРУКТУРЫ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ****И. Г. Оксанич**

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: oksirena2017@gmail.com

Определена кибернетическая модель технологической операции. Приведены функциональные зависимости энергопотребления и износа технологического механизма от изменения интенсивности подачи энергетического продукта. Показано, что такой технологический объект будет иметь максимальное количество степеней свободы (возможность достижения максимальной эффективности). Исследована модель операции непосредственно связанных технологических механизмов преобразовательного класса. Установлено, что диапазон допустимых управлений такого объекта существенно меньше, чем диапазоны управлений для объектов входящих в его структуру. Предложено решение, в рамках которого каждый технологический механизм преобразовательного класса взаимодействует только с механизмом буферизации. В таком случае неделимой единицей производственной структуры является комплектная система, состоящая из технологического механизма преобразовательного класса и механизма буферизации. Предложенный подход обеспечивает повышение оптимизационных возможностей управления.

Ключевые слова: синтез, структура, система, продукт, операция.

**ОБГРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ
В ЗАДАЧАХ СИНТЕЗУ СТРУКТУРИ ФУНКЦИОНАЛЬНИХ СИСТЕМ****І. Г. Оксанич**

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: oksirena2017@gmail.com

Визначено кібернетичну модель операції, яка враховує кількісні параметри вхідних та вихідних продуктів операції, знос технологічного механізму, у вигляді одного з вхідних продуктів і вартісні оцінки цих продуктів у часі. Наведено функціональні залежності енергоспоживання і зносу технологічного механізму від зміни інтенсивності подачі енергетичного продукту. Розглянуто узагальнену кібернетичну модель операції і показано, що такий технологічний об'єкт буде мати максимальну кількість ступенів свободи, а саме можливість досягати максимальної ефективності. Побудовано графіки зміни кількісних параметрів моделі узагальненої технологічної операції і показників вартісних оцінок вхідних й вихідних продуктів операції. З'ясовано, що економічно рентабельним діапазоном управління є такий діапазон, для якого вартісна оцінка вихідних продуктів операції більше вартісної оцінки вхідних продуктів операції. Досліджено модель операції безпосередньо пов'язаних технологічних механізмів перетворюючого класу й розраховано, що втрати у доданій вартості для пов'язаних механізмів складають 57 %. Встановлено, що діапазон допустимих управлінь такого технологічного об'єкта істотно менший, ніж діапазони управлінь для об'єктів, що входять до його структури. Запропоновано рішення, в рамках якого кожний технологічний механізм перетворюючого класу взаємодіє тільки з механізмом буферизації. Це дозволяє розширити діапазон управління за рахунок того, що виробничий об'єкт буде мати максимальну кількість ступенів свободи. Показано, що це можливе тільки у тому випадку, якщо його структура буде представлена у вигляді комплектної функціональної системи. При цьому технологічна частина комплектної системи повинна складатися з механізму перетворюючого класу, який виконує просту базову функцію і механізму буферизації. Запропонований підхід забезпечує підвищення оптимізаційних можливостей управління. У подальших дослідженнях планується виконати синтез повної структури функціональної системи та провести ідентифікацію діапазону ефективних управлінь.

Ключові слова: синтез, структура, система, продукт, операція.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Целью любого предприятия является максимизация возможностей путем максимально эффективного использования ресурсов. Для достижения этой цели на предприятиях используют самые разнообразные архитектурные решения, аспекты которых касаются как технологической части, так и части управления.

Для решения этой задачи исследуется опыт успешных компаний [1–3], осуществляется поиск рациональной структуры предприятия [4] и используются передовые методы оптимального управления [5, 6]. Удачные подходы и решения закрепляются в стандартах управления [7] и служат основой для дальнейшего совершенствования структуры предприятия и методов управления [4].

Тем не менее, в настоящее время не найдено ар-

хитектурное решение на нижнем уровне предприятия. Практика показывает [1], что существующие модели управления все еще далеки от совершенства, поскольку проблема управляемости и эффективности была [8] и остается задачей номер один на предприятиях [7].

Миссия, для поиска решения этой задачи, была «возложена» на кибернетику [9], как науку об общих архитектурных принципах построения систем и методах управления. Созданные на волне энтузиазма, такие науки как системный анализ [10] и исследование операций [11] быстро наполнились содержанием. Однако, как показала практика, данные направления в большей степени были направлены на методы решения частных задач и не решали основную задачу кибернетики – создания и методов

исследования обобщенной модели функциональной системы.

Поэтому, решение этой проблемы является весьма актуальной задачей.

Анализ литературных данных и постановка проблемы. Большое количество исследований в области систем управления в той или иной степени опираются на системный подход. Применение такого подхода оправдано, так как системы наследуют признаки и свойства, которые присущи биологическим объектам. Исследователи по-разному определяют такие кибернетические категории, как функциональная система, операция, механизм, исследование операций и т.д., что приводит к противоречивости этих кибернетических понятий, а также к подмене этих понятий в рамках исследования эффективности операционных процессов управления.

Как показывает анализ источников [12–14], системный подход в задачах синтеза структуры функциональных систем сводится к моделированию физических процессов преобразования и построению математической модели исследуемого процесса.

Наиболее распространенным показателем построения рациональной структуры предприятия и определения эффективности его работы является отношение общего или конечного результата производства к совокупным затратам [15, 16]. Такой подход приводит к ошибочным суждениям в тех случаях, когда фактор времени является значимым.

Несколько иной подход рассматривается в [17] где эффективность выбранной структуры оценивается как соотношение величины выгод (затрат) и сроков их получения. Однако полученное выражение не прошло процедуру верификации, что не позволяет использовать данный критерий в качестве основы для синтеза механизма идентификации технологических операций.

В работе [18] рассматривается проблема выбора структуры системы управления технологическими связями предприятия, а также предложен подход, в рамках которого осуществляется попытка оптимизации структуры предприятия. При этом, авторы приходят к выводу, что такая организация возможна в том случае, если затраты на содержание системы управления минимальны.

Идея минимизации затрат, в процессе переключения производственных мощностей, в задачах управления ассортиментом и запасами также рассмотрена и в работе [19]. В некотором смысле такой подход можно отнести к решению задач синтеза оптимальных производственных структур. Однако, задача оптимизации не сводится к решению задачи минимизации затрат, а требует учета скорости к переходу на выпуск следующей ассортиментной продукции, то есть, учету фактора времени и полученной или недополученной прибыли.

В [20] предложенный подход к синтезу систем состоит в возможности построения графовой структуры технологического цикла, что позволяет получить структуру, которая в работе считается оптимизированной. Однако, не ясно какой критерий использовался в процессе оптимизации структуры, сам принцип оптимизации, его верификация и валидация. В ряде работ затрагивается тема структурной

оптимизации, направленной на повышение эффективности систем целом.

В работе [21] автор пытается синтезировать структуру объекта, функции которого не имеют избыточности. С другой стороны, факт возможности исключения из рассмотрения ряда механизмов говорит о том, что предметом исследования является не системная структура. Поскольку в системной структуре нет лишних объектов или операций.

В работе [22] для выбора рациональной конфигурации системы и параметров механизмов перемещения исследуются внутренние факторы, например параметры эксплуатации. Однако на выбор параметров механизмов перемещения основное влияние оказывает уровень спроса. Поскольку в работе этот фактор в явном виде не учитывается, получить удовлетворительный результат оптимизации можно только случайным образом.

Интерес к вопросам синтеза систем проявляют и специалисты экономического профиля [23–25], которые без детальной разработки модели операции, начинают использовать известный математический аппарат для исследования частных практических задач. При этом критерием эффективности они считают интегральный комплекс некоторых экономических показателей.

В работах [26, 27] рассмотрены вопросы синтеза объектов преобразовательного класса, а в работах [28, 29] – объектов буферизации технологических продуктов. Данные объекты определены понятием «функциональная система». Подход, который используется в данных работах, основан на гипотезе о том, что каждая система предназначена для выполнения одной технологической функции. Однако в процессе функционирования синтезированные объекты обмениваются не только технологическими продуктами и информационными сигналами управления, но и сигналами, которые несут информацию о качественных параметрах процессов этих систем.

Данный факт говорит о том, что каждый из этих объектов не обладает необходимой целостностью и системой не является.

Поскольку задача получения максимума экономического эффекта от результатов функционирования производственных структур в полном объеме не решена, проблема определения принципов построения функциональных систем является важной научной задачей.

Целью работы является разработка концепции создания базового архитектурного решения в задачах синтеза структуры функциональной системы.

Для достижения поставленной цели исследования в работе решаются следующие задачи:

- построение обобщенной кибернетической модели операции;
- оценка количественных параметров всех продуктов операции путем приведения их к сопоставимым величинам;
- исследование модели операции непосредственно связанных технологических механизмов преобразовательного класса;
- определение концепции построения функциональных систем.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ІССЛЕДОВАНИЙ. Решение производственных задач любого предприятия обеспечивается в процессе выполнения необходимых для этого технологических операций (ТО).

Для того чтобы определить кибернетическую модель операции, необходимо от частных определенных входных и выходных продуктов перейти к их определению на более высоком абстрактном уровне.

На вход операции поступает входной технологический продукт, а на выходе формируются основной продукт (ОП), сопутствующий продукт (СП) (продукт, который представляет собой ценность) и побочный продукт (ПП) (продукт бесполезный или подлежащий утилизации). В рамках технологического процесса всегда можно выделить входной продукт, на который направлено воздействие технологического механизма (ТМ). Определим такой продукт понятием «продукт направленного воздействия» (ПНВ). Также любая операция связана с потреблением (расходом) энергетического продукта (ЭП).

Процесс преобразования входной продукции в выходную продукцию с использованием механизма их преобразования представим в виде кибернетической однопродуктовой модели технологического механизма (рис. 1). На его входы поступают: продукт направленного воздействия и энергетический продукт. На выходе формируется основной, сопутствующий и побочный продукт. Для упрощения кибернетической модели в дальнейшем будем рассматривать только основной продукт.

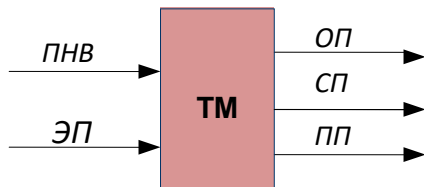


Рисунок 1 – Кибернетическая однопродуктовая модель технологического механизма

Поскольку при изменении интенсивности подачи ЭП и/или ПНВ, изменяется уровень износа технологического механизма, то модель должна учитывать состояние ТМ. То есть технологический механизм нужно рассматривать как входной технический продукт (ТП_{вх}). Тогда по завершению операции, на ее выходе формируется основной продукт и несколько изношенный выходной технический продукт (ТП_{вых}) (рис 2).

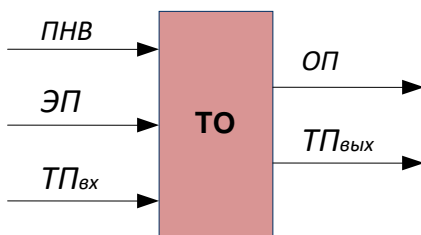


Рисунок 2 – Кибернетическая модель технологической операции

Разность состояния оборудования на входе и выходе операции определим как «износ» технологического оборудования (И_{знТО}). Поэтому допустимо упростить модель и считать, что для проведения ТО необходимы ПНВ, ЭП и ресурс оборудования в виде его износа И_{знТО} (рис. 3).

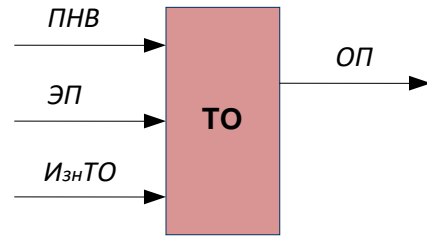


Рисунок 3 – Упрощенная модель обобщенной технологической операции

Опишем движение продуктов операции с помощью количественных параметров, которые можно представить в виде сигналов регистрации $rq_D(t)$ – сигнал регистрации движения ПНВ; $rq_P(t)$ – сигнал регистрации движения ЭП; $rq_W(t)$ – сигнал регистрации износа оборудования; $pq(t)$ – сигнал регистрации движения выходного продукта операции. Интегрирование функций $rq_D(t)$, $rq_P(t)$, $rq_W(t)$, $pq(t)$ на интервале проведения операции позволяет получить интегральные оценки операции по входу и выходу.

$$RQ_D = \int_{t_s}^{t_f} rq_D(t) dt \quad (1)$$

$$RQ_P = \int_{t_s}^{t_f} rq_P(t) dt \quad (2)$$

$$RQ_W = \int_{t_s}^{t_f} rq_W(t) dt \quad (3)$$

$$PQ = \int_{t_s}^{t_f} pq(t) dt, \quad (4)$$

где t_s – момент начала ТО; t_f – момент завершения ТО.

Типичная картина изменения количественных параметров модели технологической операции приведены на рис. 4 [30].

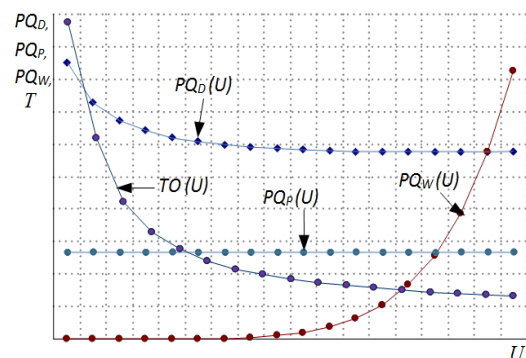


Рисунок 4 – Количественные параметры модели обобщенной технологической операции

Для того, чтобы количественные параметры всех продуктов операции были сравнимы между собой,

их необхідно привести к сопоставимым величинам. Естественным коэффициентом масштабирования в экономических системах является стоимость единицы технологической продукции.

Обозначим стоимостную оценку входных продуктов операции RE, а стоимостную оценку выходных продуктов операции PE, тогда

$$RE = RQ_D \cdot RS_D + RQ_P \cdot RS_P + RQ_W \cdot RS_W \quad (5)$$

$$PE = PQ \cdot PS, \quad (6)$$

где RS_D – стоимостная оценка единицы ПНВ; RS_P – стоимостная оценка единицы ЭП; RS_W – стоимостная оценка единицы износа оборудования; PS – стоимостная оценка единицы выходного продукта.

Экономически рентабельным диапазоном управления является такой диапазон, для которого стоимостная оценка выходных продуктов операции PE больше стоимостной оценки входных продуктов операции RE (рис. 5).

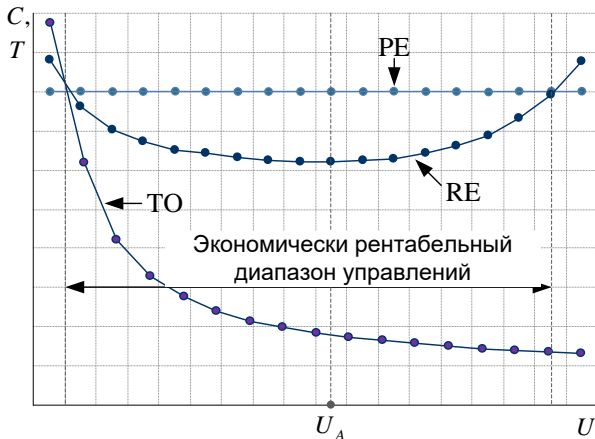


Рисунок 5 – Показатели стоимостных оценок входных и выходных продуктов операции

Очевидно, что самый выгодный режим функционирования технологического оборудования находится в этом диапазоне. Например, управление U_A , которому соответствует максимум добавленной стоимости.

Рассмотрим вариант, когда технологическая цепочка представлена несколькими, связанными между собой, технологическими механизмами одного класса. Тогда основным продуктом TM_A является входным продуктом TM_B , т.е. выход предыдущего TM_A будет связан с входом последующего TM_B (рис. 6).

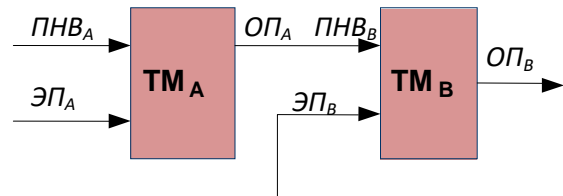


Рисунок 6 – Модель последовательных однопродуктовых технологических механизмов

В такой ситуации необходимо управлять подачами энергетических продуктов $ЭП_A$ и $ЭП_B$ так, чтобы производительность механизмов TM_A и TM_B была согласованной.

А, поскольку каждый ТМ имеет свои характеристики энергопотребления и износа, то TM_A и TM_B будут иметь свои характеристики входных и выходных продуктов, экстремумы которых в общем случае не совпадают (рис. 7).

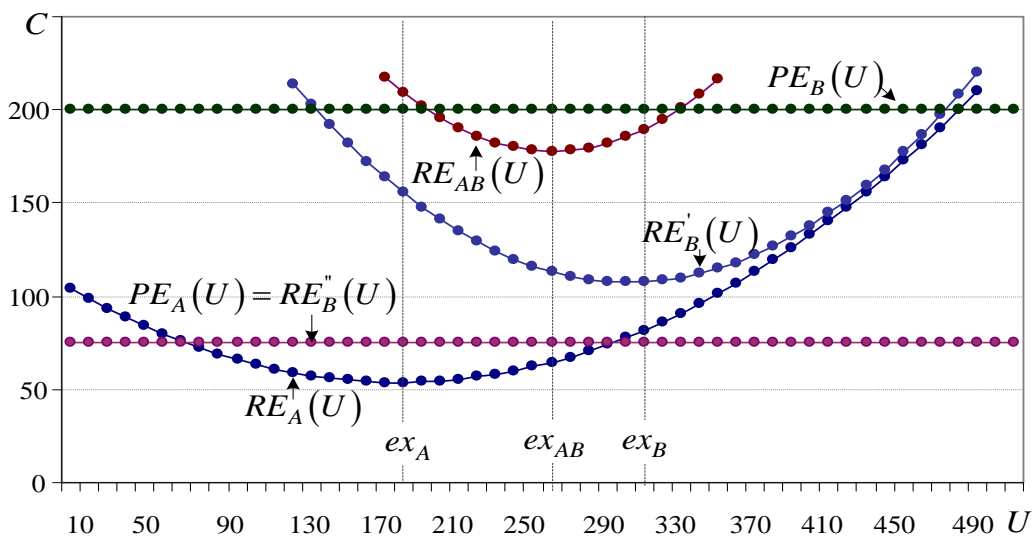


Рисунок 7 – Показатели добавленной стоимости TO_A , TO_B и TO_{AB}

Таким образом имеем, что минимум затрат обобщенного механизма TM_{AB} не совпадает с

минимумами затрат как механизма TM_A , так и механизма TM_B .

Поскольку изменение производительности механизма TM_A приводит к необходимости соответствующего изменения производительности механизма TM_B , приведенную характеристику потребления входных продуктов операционного процесса TM_A и TM_B необходимо рассматривать как единое целое (рис. 8).

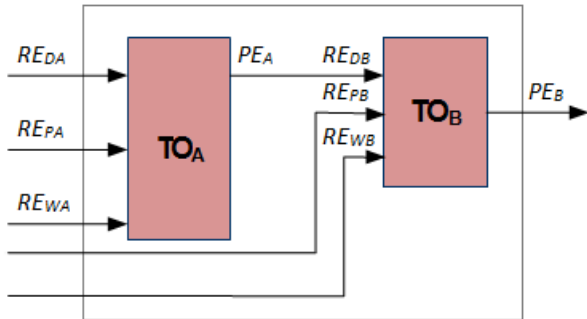


Рисунок 8 – Модель потребления входных и выходных продуктов операционного процесса

Если механизмы TM_A и TM_B будут функционировать в режиме минимума затрат (режимы e_A и e_B), то можно получить

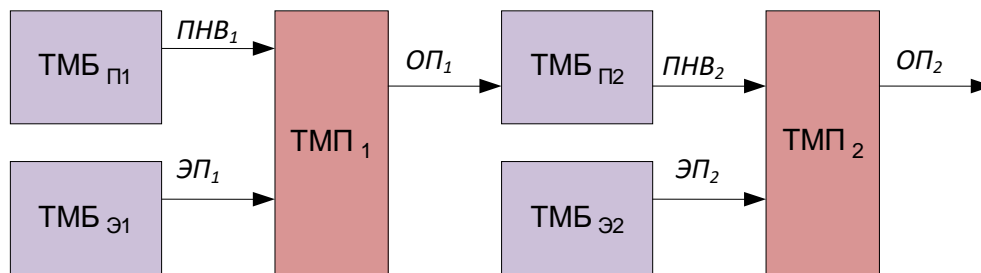


Рисунок 9 – Кибернетическая модель комплектной системы

Поэтому, в состав кибернетической модели комплектной системы должен входить как ТМ преобразования, так и ТМ буферизации.

ВЫВОДЫ. Установлено, что производственный объект будет иметь максимальное количество степеней свободы (возможность достижения максимальной эффективности) в том случае, если его структура представлена в виде комплектной функциональной системы. При этом технологическая часть комплектной системы состоит из механизма преобразовательного класса, выполняющего простую базовую функцию и механизма буферизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Питерс Т., Уотермен Р. В поисках совершенства. Уроки самых успешных компаний Америки. М.: Альпина Паблишерз, 2010. 528 с.
2. Ковалев С., Ковалев В. Секреты успешных предприятий: бизнес-процессы и организационная структура. М.: Битек, 2012. 511 с.
3. Фатхутдинов Р. А. Организация производства. М.: ИНФРА-М, 2004. 344 с.
4. Степанов Д. Эффективное управление: команда, иерархия, единовластие. СПб.: Реч, 2005. 141 с.
5. Друкер П. Эффективное управление предприятием. М.: Вильямс, 2008. 224 с.

добавленную стоимость от процесса TM_A в размере $DE_A = PE_A - RE_A = 21,24$ ден. ед., а от процесса TM_B – в размере $DE_B = PE_B - (RE_{DB} + RE_{PB}) = 17,48$ ден. ед.

Суммарная добавленная стоимость DE_{AB} составит величину $DE_{AB} = DE_A + DE_B = 38,72$ ден. ед.

В режиме согласованной производительности TM_A и TM_B величина добавленной стоимости TM_{AB} составит $DE_{AB} = PE_B - (RE_A + RE_{PB}) = 22,08$ ден. ед.

То есть, потери в добавленной стоимости для связанных механизмов составляют 57 % для случая на рис. 7.

Поэтому для того, чтобы получить максимально возможный положительный эффект, необходимо увеличение количества степеней свободы путем изменения параметров на предыдущих стадиях технологического процесса. А значит, необходимо чтобы ТМ преобразовательного класса были не связаны между собой непосредственно, а входили в состав самостоятельно функционирующих систем. Это возможно только в том случае, если системы преобразовательного класса взаимодействуют с системами буферизации (рис. 9).

6. Марюта А. Н., Кочура Е. В. Экономико-математические методы оптимального управления предприятия. Днепропетровск: Наука и образование, 2002. 143 с.

7. Гаврилов Д. А. Управление производством на базе стандарта MRP II. СПб.: Питер, 2002. 339 с.

8. Бондаренко М.Ф., Моторин С.И., Соловьева С.А. Моделирование и проектирование бизнес-систем: методы, стандарты и технологии. Харьков: Смит, 2004. 272 с.

9. Эшби У.Р. Введение в кибернетику. М.: Лепанд, 2016. 430 с.

10. Тарасенко Ф. П. Прикладной системный анализ. М.: КноРус, 2010. 224 с.

11. Зайченко Ю. П. Дослідження операцій. К.: ВІПОЛ, 2000. 688 с.

12. Локтев И. И., Власов В. А., Тихомиров И. А. Вопросы моделирования технологического процесса. Известия Томского политехнического университета. 2005. Вып. 6, т. 308. С. 90–94.

13. Mihajlović I., Štrbac N., Đorđević P., Ivanović A., Živković Ž. Technological process modeling aiming to improve its operations management. Serbian Journal of Management. 2011. Vol. 6(2). P. 135–144.

14. Xiaosong H., Shengbo E. L., Dongsuk K. Modeling and Control Problems in Sustainable Transporta-

tion and Power Systems. *Mathematical Problems in Engineering*. 2016. V. P. 1–3.

15. Сайфиева С. Н., Быкадоров М. А. Оценка эффективности системы управления предприятием. Тезисы докладов седьмого Всероссийского симпозиума «Стратегическое планирование и развитие предприятий», ЦЭМИ РАН, Секция 2. 2006. С. 205–206.

16. Макаров Р. И., Хорошева Е. Р. Методология проектирования информационных систем. Владимир: изд-во Владимир. гос. университета, 2008. 334 с.

17. Молин А. С., Мухин В. И. Исследование системы управления. М.: ГУ, 2002. 329 с.

18. Губко М. В., Мишин С. П. Оптимальная структура системы управления технологическими связями / Материалы международной научной конференции «Современные сложные системы управления». Старый Оскол: СТИ, 2002. С. 50–54.

19. Abbas M., El Maraghy H. Design synthesis of machining systems using co-platforming. *Journal of Manufacturing Systems*. 2016. Vol. 41 P. 299–313.

20. Смородин В. С. Синтез структуры технологического цикла управляемых производственных систем. ПФМТ, 2012. № 2(11). С. 108–111.

21. Птушкин А.И., Решетников Д.В., Кокарев А.С., Трудов А.В. Алгоритм структурной оптимизации технологического процесса при дефиците времени на его выполнение. *Фундаментальные исследования*. 2015. № 11 (часть 5). С. 918–922.

22. Коптев В. Ю. Структурная оптимизация транспортных систем. *Наука, техника и образование*. 2015. № 4(10). С. 108–110.

23. Lutz H., Wagner U. Marketing and operations research – a literature survey. *OR-Spektrum*. 2000. Vol. 22. P. 5–18.

24. Gupta S., Rudd J., Lee N. Business sustainability through successful integration of marketing and operations. *Industrial Marketing Management*. 2014. Vol. 43. Issue 1. P. 3–5.

25. Robert J., Gary M. Unifying Service Marketing and Operations with Service Experience Management. *Journal of Service Research*. 2008. Vol. 11. Issue 4. P. 389–406.

26. Lutsenko I. Systems engineering of optimal control. Synthesis of the structure of the technological product conversion system (part1). *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2014. Vol. 6. Issue 2 (72). P. 29–37.

27. Lutsenko I., Fomovskaya E. Synthesis of cybernetic structure of optimal spooler. *Metallurgical and Mining Industry*. 2015. Vol. 9. P. 297–301.

28. Lutsenko I. Optimal control of systems engineering. Development of a general structure of the technological conversion subsystem (Part 2). *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2015. Vol. 1, Issue 2 (73). P. 43–50.

29. Lutsenko I., Fomovskaya E., Serduik O. Development of executive system architecture of the converting class *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol. 4. Issue 2 (82). P. 50–58.

30. Lutsenko I., Fomovskaya E., Oksanych I., Vikhrova E., Serdiuk O. Formal signs determination of efficiency assessment indicators for the operation with the distributed parameters. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 1. Issue 4 (85). P. 24–30.

THE OBJECTIVES FOR USING A SYSTEM APPROACH TO THE PROBLEMS OF THE FUNCTIONAL SYSTEM STRUCTURE SYNTHESIS

I. Oksanich

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: oksirena2017@gmail.com

Purpose. The article aims to develop a concept of creating a basic architectural solution for the problems of synthesizing the structure of a functional system. **Methodology.** The research methods are based on systems analysis methods.

Findings. The research proves that a production facility will have the maximum degrees of freedom (the possibility to achieve maximum efficiency) if its structure is presented as a packaged functional system. In this setting, the technological part of the packaged system consists of a converting mechanism with a simple basic function, and a storage mechanism. **Originality.** The paper describes the operation cybernetic model that takes into account quantitative parameters of input and output products of the operation, technological mechanism wear and tear and cost-time estimation of the products. The functional dependences of energy consumption and technological mechanism wear and tear on changes of energy supply intensity are presented. The generalized cybernetic model of the operation has been examined. Also it is shown that the technological object has maximum degrees of freedom, i.e. maximum efficiency. Graphs of changes in quantitative parameters of the generalized technological operation model and cost indicators for input and output products of operation have been constructed. The profitable control range has been determined as a range where the operation output products cost is more than the operation input products cost. The operation model of directly coupled technological mechanisms of a converting class has been investigated. It has been calculated that the added value losses for coupled mechanisms are 57 %. It has been found that the range of acceptable controls of the technological object is substantially smaller than control ranges for objects of its structure. **Practical value.** The technological mechanism of a converting class is proposed to interact with a storage mechanism only. This allows extending the control range due to maximum degrees of freedom in the industrial object. This can be possible only if its structure is presented as a package functional system. And the technological part of the package system has to consist of a converting mechanism with a simple basic function and a storage mechanism. The approach provides an increase in control optimization. It is planned to make a synthesis of the functional system structure and identify a range of effective controls in the next research.

Key words: synthesis, structure, system, product, operation.

REFERENCES

1. Peters, T. J., Waterman, R. H. (2010), In Search of Excellence. Lessons from America's Best Run Companies, Translated by V. Kuleba, O. Peliavskii, Alpina Publishers, Moscow, Russia.
2. Kovalev, S., Kovalev, V. (2012), Sekrety uspekhnyh predpriatii: biznes-prozessy i organizatsionnaia struktura [Secrets of successful enterprises: business processes and organizational structure], Bitek, Moscow, Russia.
3. Fathutdinov, P.A. (2004), Organizatsiia proizvodstva [Manufacturing organization, INFRAM, Moscow, Russia.
4. Stepanov, D. (2005), Effektivnoe upravlenie: komanda, ierarkhiia, edinovlastie [Effective management: team, hierarchy, sole authority], Rech, Sankt-Peterburh, Russia.
5. Drucker, P. (2008), Managing for Results. Translated by O. Medved, Williams, Moscow, Russia.
6. Mariuta, A. N., Kochura, E. V. (2002), Ekonomiko-matematicheskie metody optimalnogo upravleniia predpriatii [Economic-mathematical methods of optimal enterprise management], Nauka i obrazovanie, Dnepropetrovsk, Ukraine. [in Russian]
7. Gavrilov, D. A. (2002), Upravlenie proizvodstvom na baze standart MRP II [Production management based on the MRP II standard], Piter, Sankt-Peterburh, Russia.
8. Bondarenko, M. F., Motorin, S. I., Solovyova, S. A. (2004), Modelirovanie i proektirovanie biznes sistem: metody, standarty i tehnologii [Modeling and designing business systems: methods, standards and technologies], Smith, Kharkov, Ukraine.
9. Ashby, W. (2016), Introduction to cybernetics. Translated by D. Lahuti, Lenand, Moscow, Russia.
10. Tarasenko, F. P. (2010), Prikladnoi systemnyi analiz [Applied system analysis], KnoRus, Moscow, Russia.
11. Zaichenko, Iu. P. (2000), Issledovanie operatcii [Operation research], Vipol, Kiev, Ukraine.
12. Loktev, I. I., Vlasov, V. A., Tikhomirov, I. A. (2005), Voprosy modelirovaniia tekhnologicheskogo protsessa [Technological process modeling issues], Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Iss. 6, vol. 308, pp. 90–94.
13. Mihajlović, I., Štrbac, N., Đorđević, P., Ivanović, A., Živković, Ž. (2011), Technological process modeling aiming to improve its operations management. Serbian Journal of Management, Vol. 6(2), pp. 135–144.
14. Xiaosong, H., Shengbo, E. L., Dongsuk, K. (2016), Modeling and Control Problems in Sustainable Transportation and Power Systems, *Mathematical Problems in Engineering*, V, pp. 1–3.
15. Saifeva, S. N., Bykadorov, M. A. (2006), Otsenka effektivnosti sistemy upravleniia predpriatiem [Assessment of the efficiency of the enterprise management system], Vserossiiskii simpozium «Strategicheskoe planirovanie i razvitie predpriatii», April, pp. 205–206.
16. Makarov, R. I., Khorosheva, E. R. (2008), Metodologiya proektirovaniia informatsionnykh sistem [Methodology of designing information systems], izdvo Vladimir. gos. Universiteta, Vladimir, Russia.
17. Molin, A. S., Mukhin, V. I. (2002), Issledovanie sistemy upravleniia [Control System Research], GU, Moscow, Russia.
18. Gubko, M. V., Mishin, S. P. (2002), Optimalnaia struktura sistemy upravleniia tekhnologicheskimi sviaziami [Optimal structure of the control system of technological connections], *Materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Sovremennye slozhnye sistemy upravleniia»*, STI, Staryi Oskol, pp. 50–54.
19. Abbas, M., El Maraghy, H. (2016), "Design synthesis of machining systems using co-platforming", *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 41, pp. 299–313.
20. Smorodin, V. S. (2012), "Synthesis of Structure of the Technological Cycle of Managed Production Systems", *Problems of Physics, Mathematics and Technics*, № 2(11), pp. 108–111.
21. Ptushkin, A. I., Reshetnikov, D. V., Kokarev, A. S., Trudov, A. V. (2015), "The Algorithm of Structural Optimization Technological Process With a Deficit of Time To Run", *Fundamental Research*, № 11 (part 5), pp. 918–922.
22. Koptev, V. Iu. (2015), Strukturnaia optimizatsiia transportnykh sistem [Structural optimization of transport systems], *Science, technology and education*, № 4(10), pp. 108–110.
23. Lutz, H., Wagner, U. (2000), "Marketing and operations research – a literature survey", *OR-Spektrum*, Vol. 22, pp. 5–18.
24. Gupta, S., Rudd, J., Lee, N. (2014), "Business sustainability through successful integration of marketing and operations", *Industrial Marketing Management*, Vol. 43, Issue 1, pp. 3–5.
25. Robert, J., Gary, M. (2008), "Unifying Service Marketing and Operations with Service Experience Management", *Journal of Service Research*, Vol. 11, Issue 4, pp. 389–406.
26. Lutsenko, I. (2014), "Systems engineering of optimal control. Synthesis of the structure of the technological product conversion system (part1)", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 6, Issue 2 (72), pp. 29–37.
27. Lutsenko, I., Fomovskaya, E. (2015), "Synthesis of cybernetic structure of optimal spooler", *Metallurgical and Mining Industry*, Vol. 9, pp. 297–301.
28. Lutsenko, I. (2015), "Optimal control of systems engineering. Development of a general structure of the technological conversion subsystem (Part 2)", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 1, Issue 2 (73), pp. 43–50.
29. Lutsenko, I., Fomovskaya, E., Serduik, O. (2016), "Development of executive system architecture of the converting class", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 4, Issue 2 (82), pp. 50–58.
30. Lutsenko, I., Fomovskaya, E., Oksanych, I., Vikhrova, E., Serdiuk, O. (2017), "Formal signs determination of efficiency assessment indicators for the operation with the distributed parameters", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 1, Issue 4 (85), pp. 24–30.

Стаття надійшла 08.10.2018.