

УДК 004.896:339.5.012.23

ХОРОЛЬСЬКИЙ В. П.
Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, м. Кривий Ріг
ХОРОЛЬСЬКИЙ К. Д.
Криворізький національний університет
ШПАНЬКО М. І.
Криворізький факультет Запорізького національного університету

УПРАВЛІННЯ ПОРТФЕЛЕМ ЗОВНІШНЬОЕКОНОМІЧНОГО ЗАМОВЛЕННЯ З ОПТИМІЗАЦІЄЮ ТРАЕКТОРІЇ ВИТРАТ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

Розроблено концепцію управління портфелем замовлення продукції експортоорієнтованого підприємства, виробничі параметри продукції якого залежать від енергоресурсів. Побудовано самоорганізаційну систему управління замовленням, в якій підсистеми-агенти керують процесами енергозабезпечення ланцюга виробництва продукції на усіх етапах життєвого циклу. Зменшення енерговитрат досягнуто за рахунок впровадження технологій планування ресурсів та енергозабезпечення процесів виробництва з механізмами оптимізації рішень від замовлення до оцінки якості портфеля замовлення.

Ключові слова: управління, замовлення, планування, ресурси, енергозабезпечення, самоорганізація.

KHOROLSKYI V. P.
Donetsk National University of Economics and Trade named after M. Tugan-Baranovsky, Kryvyi Rih
KHOROLSKYI K. D.
National University of Kryvyi Rih
SHPANKO M. I.
Kryvyi Rih Faculty of Zaporizhzhia National University

FOREIGN ECONOMIC ORDER PORTFOLIO MANAGEMENT TRAJECTORY OPTIMIZATION ENERGY CONSUMPTION

The concept of portfolio management, order products export-oriented enterprises manufacturing products whose parameters depend on energy. Construction of same organizational control system order in which the subsystems run-agent process chain of energy production on So Hard life cycle. Reducing energy consumption achieved through the introduction of technology resource planning and energy production processes with mechanisms optimization solutions from order to assess the quality of portfolio.

Key words: management, ordering, planning, resources, energy, self-organization.

Вступ. Криворізькі підприємства гірничо-металургійного комплексу з виробництвом товарної продукції з технологіями підземного виробництва залізорудної продукції (ЗРП) високої якості десятки років успішно працюють на ринках країн ЄС [1]. Стратегія фокусування на виконання портфеля замовлення металургійних заводів країн ЄС з різними вимогами до ЗРП щодо якості руди та дисперсії масової частки заліза, складових Fe/SiO₂ вимагає, від операційних менеджерів підприємств ПАТ «КРИВБАСЗАЛІЗРУДКОМ», ПАТ «СВРАЗ СУХА БАЛКА», шахтоуправління ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», ш. Орджонікідзе ПАТ «ЦГЗК» в процесі реструктуризації виробничих систем, розробки та впровадження:

- систем управління якістю та інструментів забезпечення управління якістю продукції сформульованих на основі вимог стандартів MCISO 9000;
- систем ERP, SCM-рішень МЕС, для управління бізнес-процесами ARIS-PPM з АСУТП – видобутку, транспортування дозбагачення руди до рівня вимог портфеля замовлення; процесного управління з мінімізацією витрат електроенергії на всіх етапах життєвого циклу ЗРП; розробки систем прийняття рішень щодо виконання бізнес-процесу збуту продукції заданої якості портфелем замовлення; впровадження систем самоорганізації для оптимізації портфеля замовлення на основі синхронізації даних різної природи і точності.

Тому розробка систем планування ресурсів для виконання портфеля замовлень країн ЄС залишається актуальним питанням, з точки зору, побудови сучасних систем управління бізнес-процесами та виробництва ЗРП з інструментами самоорганізації і синергетики.

Аналіз останніх досліджень. Питання управління корпоративними підприємствами орієнтованих на зовнішні ринки збуту ЗРП розглянуто авторами в наукових працях [1–4]. Проаналізувавши ці праці в яких плідно розглянуто питання оптимізації чинників зовнішньоекономічної діяльності підприємств ГМК, зауважимо, що питання управління зовнішньоекономічного замовлення з оптимізацією траєкторії витрат енергоресурсів залишається недостатньо вивченим.

Метою статті є розробка самоорганізаційної системи управління зовнішньоекономічним замовленням з мінімізацією витрат енергоресурсів на усіх етапах життєвого циклу залізорудної продукції.

Виклад основного матеріалу дослідження. Використаємо технології самоорганізації в системі виконання портфеля замовлення металургійних заводів країн ЄС ПАТ «КРИВБАСЗАЛІЗРУДКОМ» шляхом управління виробничими ресурсами чотирьох шахт підприємства. Основна ідея управління виробничими процесами полягає в прогнозуванні завантаження ресурсів на короткий період часу, а також в оцінці стану виконання замовлень з пошуком для них оптимальної траєкторії енергозабезпечення шляхом періодичного оновлення інформації про виробництво продукції на робочих дільницях шахт з видобутку аглоруди в режимі реального часу, її якості та «ефективністю виробничого циклу» (manufacturing cycle effectiveness, MCE) [5].

Такий показник будемо оцінювати по формулі:

$$MCE = \text{час виробництва аглоруди} / \text{тривалість загального виробничого циклу}.$$

Одержаний коефіцієнт менше одиниці, оскільки тривалість загального виробничого циклу = час виробництва + час контролю якості + час переміщення продукції + час простою/зберігання будуть завжди тривалішими в часі від процесу виробництва аглоруди. Оптимальне управління операційними процесами виробництва аглоруди полягає в проектуванні операцій: забурення, закладення вибухівки, виконання вибухових робіт, транспортування маси аглоруди та її випуску, завантаження вагонів і транспортування її до складу, транспортування аглоруди на поверхню шахти скіповими під'ємними машинами, транспортування аглоруди на дробильно-збагачувальні комплекси, доведення якості аглоруди до завдань портфеля замовлення країн ЄС [6]. Ці операції відносяться до дискретних квазілінійних процесів і залежать від стану технологічного обладнання, компетенції операційного персоналу, систем контролю, виконання в часі операцій та забезпечення їх енергоресурсами (електричною енергією, стисненим повітрям, водою) і матеріалами.

Запропонуємо механізм підвищення стійкості такого управління на основі робастності процесів самоорганізації. Для цих цілей введемо поняття «збудження» системи. Під цим поняттям будемо розуміти якісну властивість процесу виконання портфеля замовлення металургійних заводів ЄС з мінімізацією питомих витрат електрики на виробництво однієї тонни товарної аглоруди. При цьому з одного боку: необхідно оцінити частоту планування процесів і адаптації покращання рішень щодо мінімізації енерговитрат, а з іншого боку для досягнення продуктивності системи за рахунок мінімізації дисперсії масової частки заліза в портфелі замовлення виконати ряд організаційних і технологічних заходів. Важливість дотримання балансу між цими властивостями процесу самоорганізації обумовлена тим явищем, що будь – яке переключення локального процесу видобутку дільницями чотирьох шахт аглоруди заданої якості з метою підвищення продуктивності приведе до додаткових витрат електрики в періоди обмеження потужності енергосистеми. Це може привести до несвоєчасного виконання n-замовлень металургійних заводів країн ЄС, а також і зменшення валютних надходжень. Тобто додаткові витрати в цьому випадку будуть деяким навантаженням на систему, з точки зору, перепланування процесів виробництва аглоруди з n-дільниць. У цій виробничій ситуації загальний ефект, який буде досягнутим системою в цілому, не завжди буде позитивним. Такий підхід будемо називати методом колективного балансу інтересів виконавця і замовника, а відповідно на локальному рівні системи передбачення і системи управління енергозабезпеченням дільниць шахт. Отже, в цьому випадку необхідно враховувати такі властивості самоорганізуючих систем, як багатоагентність і ефективність технологій планування та обробки інформації [7].

Самоорганізаційні системи управління погано структурованими задачами високої складності: управління бізнес-процесом виконання збуту продукції – замовлення, характеристики якого для умов технологій металургійного виробництва змінюються в часі; управління якістю аглоруди, її однорідністю з n-дільниць чотирьох шахт ПАТ «КРИВБАСЗАЛІЗРУДКОМ» з мінімізацією витрат електрики можуть працювати в умовах обмеженої інформації і інтуїтивно побудованої бази даних, бази знань персоналу шахт.

Теорія самоорганізації багатоагентних систем також дозволяє значно збільшити ефективність технології обробки інформації шляхом малозв'язаних обчислювачів-агентів [8]. Під агентом будемо розуміти автономну комп'ютерну програму, яка знаходиться в середовищі експертних систем й прийняття управлінських рішень, і, яка виконує функції інтеграції багатфакторної інформації, в якій є невизначеність і одержання в потрібний час необхідного рішення щодо портфеля замовлення.

Архітектура самоорганізуючої системи управління портфелем замовлень металургійних заводів й керування виробничими процесами видобутку аглоруди з n-дільниць чотирьох шахт підприємства в періоди обмежень електрики, наведена на рис. 1.

Архітектура включає в себе декілька автономних підсистем агентів:

- підсистема агент-замовлення – керує операційним процесом виробництва аглоруди, відслідковує стан виконання цього процесу і відповідає за логістику оброблення інформації, пов'язаної з виробництвом продукту;

- підсистема агент-ресурсу – оцінює планові показники необхідного ресурсу для виробництва заданого портфелем замовлень QA – продукції;

- підсистема агент-дослідник – оцінює стан якості руди в масиві та надає рекомендації щодо оцінки траєкторії енергозабезпечення;

- підсистема агент-продукту – має знання про те, яка аглоруда буде видобута (якої якості) і яким чином процес видобутку буде забезпеченим показниками електроенергії, стисненого повітря, вибуховими роботами, персоналом;
- підсистема агент замовлення: вибір/оновлення намірів менеджерів з якості щодо виконання замовлення металургійних заводів країн ЄС.

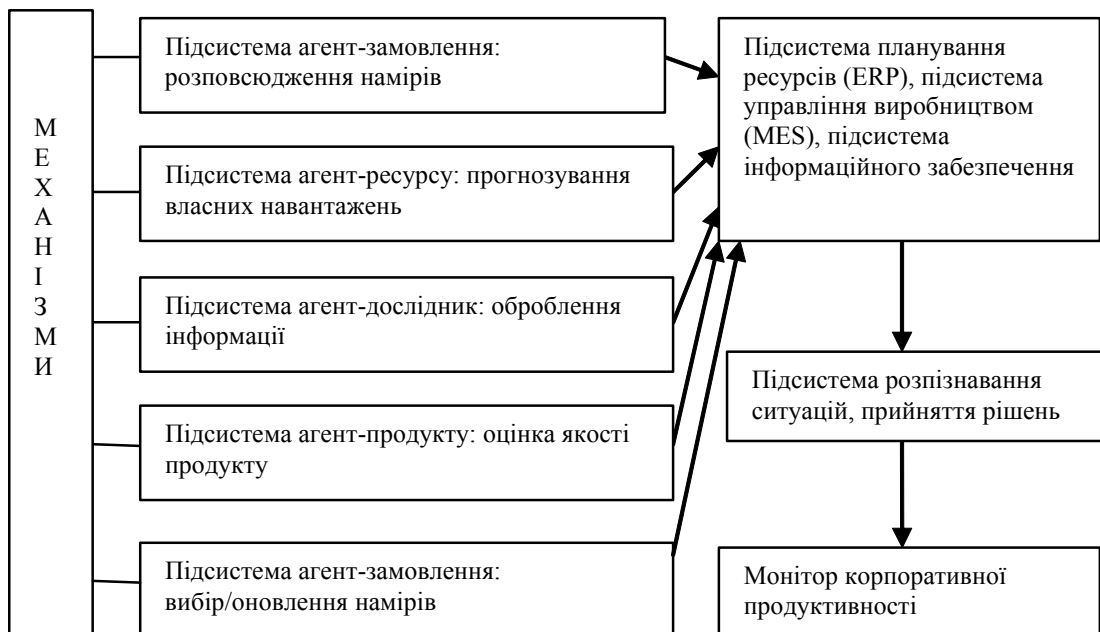


Рис. 1. Архітектура самоорганізуючої системи управління портфелем замовлень металургійних заводів

Таким чином, агенти отримують не лише інформацію про замовлення, але і необхідні кількісні параметри енергоресурсів для виконання технологічних операцій: проведення гірничих виробок; виконання нарізних робіт; випуск руди з обвалених блоків; навантаження; транспортування (франко-люк).

Цей агент отримує інформацію про доступність енергоресурсу і процеси його використання, причому цю інформацію він робить доступною для всіх навколишніх підсистем агентів. Знання цього агенту обмежені моніторингом власного ресурсу і управління ним. З агентом пов'язані конкретні типи і екземпляри ресурсу і головне, агент має об'єктивну інформацію про них. Особливістю інформаційного поля підсистеми агенту є те, що вона має загальнодоступну пам'ять у вигляді монітору продуктивності, до якої можуть мати вільний доступ і інші підсистеми-агенти. Ці агенти, в свою чергу можуть використовувати цю інформацію, модифікуючи її, читати її тощо. Ця інформація має обмежений час існування, оновлення якої пов'язане з оцінкою часу кожної операції виробництва аглоруди і траєкторії енергозабезпечення виробничих дільниць шахт. У цьому полягає різниця самоорганізуючої системи управління від традиційних моделей управління ресурсами, в яких інформація не старіє [9]. Для координації підсистем агенти використовують модель опосередкованої взаємодії. На моніторах корпоративної продуктивності систем агентів ресурсів вони надають інформацію, яка доступна іншим агентам для читання і модифікації.

В процесі функціонування для формування своїх рішень про послідовність операцій, пов'язаних з використанням замовлень, підсистеми агенти замовлення використовує механізм координації двох типів: дослідження стану ресурсів і розповсюдження намірів.

Розглянемо детально механізм дослідження ресурсів, метою якого є пошук варіантів оптимального виконання операцій портфеля замовлення п-дільницями чотирьох шахт ПАТ «КРИВБАСЗАЛІЗРУДКОМ» з використанням наступних ресурсів: забезпечення електрикою дільниць, стисненим повітрям, виконанням випуску аглоруди її транспортування на ДСФ і доведення масової частки заліза її – дисперсії Fe – до рівня стандартів країн ЄС [1].

Будемо реалізовувати цей механізм наступним чином. Замовлення генерує мобільного агента і надсилає його інформацію в систему розпізнавання виробничих ситуацій і прийняття рішень щодо необхідних ресурсів, стану ресурсів і їх якості [7]. Мобільний агент визначає можливості виконання замовлення, починаючи з вивчення його поточного стану виконання і відвідування монітору корпоративної продуктивності усіх агентів ресурсів для збирання і оброблення представленої інформації. При цьому агент дослідник записує у свою пам'ять необхідну інформацію (наприклад, імена обслідуваних енергетичних ресурсів, оцінку періодів часу, коли цей ресурс може бути доступним, час очікування ресурсу, тривалість кожного кроку оброблення з використанням того або іншого ресурсу, вартість операцій обробки тощо). Ця інформація фіксується для кожного відвідування ресурсу. На її основі агент – дослідник формує рішення тієї

задачі, для якої він був створений і повертається до агенту замовлення. Інформація, яку збирають фіксується для кожного відвідування ресурсу. На її основі агент-дослідник формує рішення тієї задачі, для якої він був створений і повертається до агенту-замовлення. Збирана інформація доставляється агенту-замовлення, після чого агент-дослідник знищується [8].

Агент-замовлення обробляє одержану інформацію для вибору оптимального варіанту виробництва аглоруди, в якому вказано послідовність кроків виробництва, прив'язання їх до часу і потреби в конкретних ресурсах з вказівкою кількості І/АБО періодів часу їх використання. Ці рішення будемо називати намірами агентів-замовлення.

У подальшому підсистема агент-замовлення доведе наміри до системи корпоративної продуктивності за допомогою механізму розповсюдження намірів, мета якого полягає в тому, щоб зарезервувати потрібні енергетичні ресурси у потрібній кількості і в потрібні періоди часу (день, ніч).

Для рішення цієї задачі агент-задачі генерує інформацію для мобільного агента-намірів і задає йому умови резервування ресурсів. Агент-намірів запитує і резервує у агентів-ресурсів виділені йому ресурси і необхідні агенту-замовлення слоти часу. Агент-ресурсу перевіряє свій графік використання ресурсів і фіксує цю інформацію на власному моніторі корпоративної продуктивності. Але до цього моменту часу стан ресурсів може змінитись, наприклад, деякі ресурси можуть стати значно коштовнішими (вартість електрики в періоди обмежень потужності енергосистеми, вартість стисненого повітря тощо), але в цей період можуть з'явитись і нові ресурси (наприклад системи дозбагачення аглоруди). Тому агент ресурсу забезпечує агента-намірів свіжою інформацією про стан ресурсів, про час можливого початку їх використання, час очікування ресурсів і тривалості використання операцій. У процесі міграції агент-намірів збирає найбільш свіжу інформацію про ресурси, які ним відвідуються. Зарезервовані слоти використання ресурсу, що наведені на моніторі корпоративної продуктивності за рахунок інструментів планування і моделювання бізнес-процесу SEC-BPS (Business Peaning s Simulation) [10], резервують ресурси для тих дільниць шахти, які виконують замовлення металургійних заводів країн ЄС.

Агент-ресурсу повинен постійно виконувати короткотерміновий прогноз зайнятості своїх ресурсів. Це йому необхідно для того, щоб час від часу використовувати свої ресурси для власних потреб (витрати електроенергії на транспортування аглоруди й дозбагачення). Крім цього ресурси кожної із чотирьох шахт потрібні для профілактичних робіт, ремонту обладнання, перепрограмування замовлень металургійних заводів інших країн світу. Це одна із причин того, що агент-замовлення повинен періодично оновлювати свої наміри щодо резервування ресурсів. Завдяки такій стратегії агент-ресурсу забезпечує агентів-замовлень більш надійною і точною інформацією. Практика показує, що підвищення точності передбачення забезпечення ресурсами видобувних дільниць шахт агентом-ресурсу веде до оптимізації виконання замовлення, зменшення МСЕ та мінімізації витрат енергоспоживання.

Очевидно, що описана взаємодія агентів дозволяє одержати передбачення як емерджентний результат (емерджентне передбачення – це дійсно механізм досліджень і механізм розповсюдження намірів, дозволяє одержати нову інформацію, яка безпосередньо агенту-замовлення недоступна). Вона з'являється в результаті множини локальних взаємодій між агентами на мікрорівні.

При цьому агенти, які приймають участь у взаємодіях, дуже прості і їх знання обмежені лише сферою їх безпосереднього призначення. Вони нічого не знають про інших агентів. Наприклад, агент-замовлення нічого не знає про рішення, які приймають іншими агентами-замовлення; і йому не обов'язково потрібно взаємодіяти з ними для координації використання ресурсів, як це вимагає у багатьох традиційних поставлених аналогічних задач.

У результаті взаємодії формуються лише два типу інформації, а саме список рішень агента-замовлення і прогнозування навантаження на ресурси конкретного агента-ресурсу. Цієї інформації достатньо для того, щоб складна система управління портфелем зовнішньоекономічного замовлення з оптимізацією траєкторії витрат енергоресурсів з використанням пультів управління (Management Cockpit), модулів SEM-CPM, MM, SD, HR, SEM-BPS, інформаційного сховища SAP-BW, монітора корпоративної продуктивності KPI, модулів ARIS PPM (Process Performance Manager) [10] працювала на рівні кращих світових систем управління корпоративним підприємством.

Висновки. Розв'язана актуальна задача управління портфелем зовнішньоекономічного замовлення з заданими показниками якості продукції шляхом синхронізації даних різної природи, що надходять від підсистем-агентів замовлення, ресурсу, дослідників, намірів виконання замовлення інформаційного забезпечення, коли потрібно забезпечити ресурсами п-дільниці чотирьох шахт з мінімізацією витрат електроенергії і ефективності виробничого циклу. Використаний апарат багатоагентних систем дозволяє в межах єдиної апаратної системи ARIS PPM, модулів SEM-CPM, MM, SD, HR, SEM-BPS, SAP-BW, KPI приймати ефективні рішення щодо використання портфеля замовлення на усіх рівнях життєвого циклу продукції, при цьому враховуються особливості виробництва аглоруди на кожній із п-дільниць і управління траєкторією їх енергозабезпечення.

Література

1. Дослідження техніко-економічних показників гірничодобувних підприємств України та

ефективності їх роботи в умовах змінної кон'юктури світового ринку залізної сировини : монографія / Є.К. Бабець, І.Є. Мельникова, С.Я. Гребенюк, С.П. Лобов ; за ред. Є.К. Бабця / НДГРІ ДВНЗ «КНУ». – Кривий Ріг : Вид. Р.А. Козлов, 2015. – 319 с.

2. Бабець Є.К. Методика побудови умовно-постійних індексів якості залізорудної продукції у процесі ринкового ціноутворення / Є.К. Бабець, С.Я. Гребенюк // Прометей. – Донецьк : ДОНДУУ, 2014. – № 1 (43). – С. 75–81.

3. Варава Л.Н. Стратегическое управление горнодобывающими предприятиями / Л.Н. Варава / НАН Украины, ин-т экономики промышленности. – Донецк, 2006. – 356 с.

4. Хорольський В.П. Стратегічне управління економічним розвитком підприємства, орієнтованого на зовнішні ринки збуту / В.П. Хорольський, К.Д. Хорольський, О.В. Хорольська, М.І. Шпанько // Вісник Хмельницького національного університету. – 2015. – № 5. Т. 1. – С. 71–75.

5. Каплан Роберт С. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию / Р.С. Каплан, Д.П. Нортон ; пер. с англ. – 2-е изд. испр. и доп. – М. : ЗАО «Олимп-Бизнес», 2006. – 320 с.

6. Тарасютин В.В. Ресурсосберегающие технологии очистной выемки залежей богатых железных руд на шахтах Кривбасса / В.В. Тарасютин, А.В. Косенко // Сучасні технології розробки рудних родовищ. Еколого-економічні наслідки діяльності підприємств ГМК : збірник наукових праць за результатами роботи III Міжнародної науково технічної конференції (Кривий Ріг, 19 червня 2015). – Кривий Ріг : Вид. Р.А. Козлов, 2015. – С. 77–78.

7. Городецкий В.И. Самоорганизация и многоагентные системы, приложение и технологии разработки / В.И. Городецкий // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2012. – № 3. – С. 102–123.

8. Городецкий В.И. Самоорганизация и многоагентные системы / Модели многоагентной самоорганизации / В.И. Городецкий // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2012. – № 2. – С. 92–120.

9. Сироджа И.Б. Квантовые модели и методы искусственного интеллекта для принятия решений и управления / И.Б. Сироджа. – К. : Наук. думка, 2002. – 418 с.

10. Реинжиниринг бизнес-процесов : учебник / Н.М. Абдикиев, Т.П. Данько, С.В. Ильдеменов, А.Д. Киселев. – 2-е изд., испр. – М. : Эксмо, 2007. – 592 с.

Надійшла 04.03.2016; рецензент: д. е. н. Варава Л. М.