

15. **Черных И. В.** Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink / **И. В. Черных.** // – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 288 с.
16. **Копылов И.П.** Математическое моделирование электрических машин / **И.П. Копылов** // – М.: Высш. шк., 2001. – 327 с.
17. **Ютт В.Е.** Результаты стендовых испытаний унифицированного электромеханического узла трансмиссии транспортного средства с индивидуальным приводом ведущих колес / **В.Е. Ютт, К.М. Сидоров, Д.Б. Лазарев** // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №1. – С.201
18. **Сидоров К.М.** Перспективные системы тягового электрооборудования для транспортных средств/К.М. Сидоров, Т.В. Голубчик, В.Е. Ютт//Вестник МАДИ. -2012. -№1 (28).
19. **Шрейнер Р.Т.** Координатная стратегия управления непосредственными преобразователями частоты с ШИМ для электроприводов переменного тока / **Р.Т. Шрейнер, В.К. Кривовяз, А.И. Калыгин** // Электротехника. – 2003. – №6. – С. 39– 47
20. **Sergey A. Serikov.** Synthesis of Optimal Control of Hybrid Engine Unit. // Journal of Automation and Information Sciences. Begell House, Inc. (USA) '2009, volume 41, issue 3. – Pages 71-81
21. **Карпов В.В.** Разработка методов оценки безопасности маневра автомобиля: дис. канд. техн. наук. 05.22.10,05.05.03. - М.2005. 180 с.
22. **Русakov В.З.** Безопасность автотранспортных средств в эксплуатации: дис. докт. техн. наук.05.22.10. - М.2004. 360 с.
23. **Ахмедов А.А.** Улучшение управляемости и устойчивости автомобиля при движении по неровной дороге методами многокритериальной параметрической оптимизации: дис. канд. техн. наук.05.05.03. - М.2004. - 169 с.
24. **Ходес И.В.** Компьютерная поддержка активной безопасности водителя / **Ходес И.В., Бондаренко М.В.** // - Автомобильная промышленность. 2008. №7. С.20-23.

The editorial board received a manuscript on 01.10.2020

УДК 65.012.122

І.В. ЗАВСЕГДАШНЯ, канд. екон. наук., доц., С.Л. ЦВІРКУН, канд. техн. наук, ст. викл., П.В. БУРНАСОВ, ст. викл., О.Ю. СЕРДЮК, О.О. ЗАВСЕГДАШНЯ, асистенти
Криворізький національний університет

ОПТИМІЗАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ ПРОДУКЦІЇ ВИДОБУВНОГО ПІДПРИЄМСТВА МІЖ КОНТРАГЕНТАМИ

Мета роботи полягає у розробці оптимізаційної економіко-математичної моделі для планування збуту продукції видобувного підприємства, яка б враховувала не тільки значення цільової функції – умову максимізації обсягів збуту та доходу від основної діяльності, але також враховувала пріоритетність (рівень значимості) контрагентів для добувального підприємства.

Методи дослідження: у роботі використовувався метод теоретичного аналізу в процесі дослідження науково-практичних розробок та підходів до моделювання розподілу продукції виробничих підприємств між споживачами; системний аналіз використовувався для розробки структурно-логічної схеми, що відображає етапи підготовки до прийняття рішення щодо оптимального планування збуту продукції а також формування методики ранжування контрагентів; методи економіко-математичного моделювання використовувались для розробки оптимізаційної моделі розподілу продукції; статистичні методи використовувались для розрахунку фактичного значення параметрів моделі.

Наукова новизна: полягає у тому, що запропонована економіко-математична модель, застосування якої забезпечує оптимізацію процесу розподілу продукції підприємства, враховує рейтинг контрагентів а також ситуативний характер процесу розподілу продукції.

Практична значимість. Робота присвячена розробці оптимізаційної моделі для обґрунтування прийняття рішень при розподілі продукції між контрагентами, в ситуації, коли відбувся недостатній видобуток корисної сировини. Проблемою є прийняття рішення щодо того, хто з контрагентів є більш пріоритетним. В даній роботі запропоновано застосовувати методи експертної оцінки контрагентів продукції, та ранжування їх. Дана модель є релевантною для підприємств, що виробляють однотипну продукцію.

Результати. В результаті роботи було досліджено теоретичні основи планування збуту та розподілу продукції добувального підприємства; сформульовано рекомендації щодо побудови рейтингу контрагентів продукції підприємства; розроблено оптимізаційну модель планування збуту продукції добувального підприємства за різних умов виконання планового обсягу добутку корисних копалин. Розроблену модель було застосовано для умов видобувного підприємства для різних варіантів недовиконання та перевиконання планових показників виробництва. Модель складено на основі базової відкритої інформації за 2017 р. Враховано умову щоквартального планування поставок.

Ключові слова: оптимізаційна економіко-математична модель, експертне оцінювання, збут, недовипуск, гірничо-видобувне підприємство.

doi: 10.31721/2306-5451-2020-1-51-62-69

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Розробка інструментарію для управління процесами збуту промислової продукції є важливим науково-практичним завданням. Від того, наскільки ефективно та виважено здійснюється реалізація продукції добувального підприємства, залежить прибутковість та стабільність подальшої його діяльності.

Кожне видобувне підприємство здійснює збут та реалізацію власної продукції контрагентам-споживачам за укладеними з ними контрактами (договорами), відповідно до планових обсягів добутку корисних копалин. Але, на жаль, у зв'язку з виникненням непередбачуваних виробничих обставин, підприємство не завжди може виконати план та здійснити обсяги добутку корисних копалин в повному обсязі. В даному випадку виникають обставини неможливості виконання деяких укладених із споживачами договорів та надання їм вказаних об'ємів поставок продукції повністю. Але визначення, у відносинах з яким з контрагентів виникнуть недопоставки, – є досить складним питанням, яке потребує обґрунтованого та виваженого рішення.

Зазвичай, користуючись політикою максимізації прибутку, для недопоставок вибирають ті підприємства, в умовах договору з якими вказана порівняно менша ціна, менші штрафні санкції, або ж незначні обсяги поставок. Проте, виходячи тільки з цих позицій не можна зробити правильний вибір та прийняти оптимальне рішення.

Аналіз досліджень і публікацій. Питання розподілу продукції підприємств (в тому числі видобувних) між споживачами у наукових та навчально-методичних роботах розглядається з різного ракурсу: теоретичні дослідження здебільшого в сфері маркетингу, наприклад як у роботах Варави Л.М., Бабця Є.К., Біловодської О.А., Макаренка В.М., Гладун П.П., Грінченко Т.Д., Москалюка В.Є., Ямкової О.М.; економіко-математичне моделювання розподілу, як в роботах Ковальчука В.А., Ковальчук Т.М., Івашука О.Т., Єжової Л.Ф., Христиановського В.В.; моделювання логістики, як в роботах Окландера М., Тридіда О.М. Темченка О.А., Луценка І.І. та інших. Не зважаючи на безсумнівний науковий та практичний внесок зазначених авторів, слід зазначити, що запропоновані моделі окремо розглядають питання пріоритезації контрагентів та саму економіко-математичну модель розподілу продукції.

Постановка задачі. Мета роботи – обґрунтувати підхід до оптимізації розподілу продукції видобувного підприємства між контрагентами, який ґрунтується на врахуванні пріоритетності контрагентів для підприємства. На основі даного підходу – розробити оптимізаційну економіко-математичну модель.

Для досягнення мети було поставлено та розв'язано наступні завдання:

дослідити наукові та практичні розробки у напрямі планування збуту та реалізації продукції добувального підприємства;

розробити структурно-логічну схему та рекомендації щодо здійснення рейтингової оцінки контрагентів - споживачів продукції підприємства;

розробити оптимізаційну модель планування збуту продукції добувального підприємства за різних умов виконання планового обсягу добутку корисних копалин.

Викладення матеріалу та результати. Плануючи та укладаючи договори на збут продукції, підприємство-виробник керується плановими обсягами добутку залізної руди. Як було вказано вище, керівництво добувних підприємств постає перед проблемою розподілу виробленої продукції у кризові періоди – коли за економічних, техніко-технологічних або соціальних причин не вдалось виробити запланований обсяг продукції. І ключовою проблемою є не стільки процес фактичного оптимального розподілу продукції – цю задачу можна вирішити математичними методами. Проблемою є прийняття рішення щодо того, хто з контрагентів є більш пріоритетним. В даній роботі запропоновано застосовувати методи експертної оцінки контрагентів продукції, та ранжування їх.

На рис. 1 наведено етапи підготовки до прийняття рішень щодо оптимізації збуту продукції. Сам процес не є інноваційним, але в даній роботі зроблено акцент саме на специфіці видобувних підприємств. Також сама схема прийняття рішення, на відміну від існуючих, має контури зворотного зв'язку, що демонструє те, що даний процес не є лінійним, існує можливість за необхідності повернутись на попередній етап, а також після прийняття рішення відбувається накопичення та аналіз отриманого досвіду.

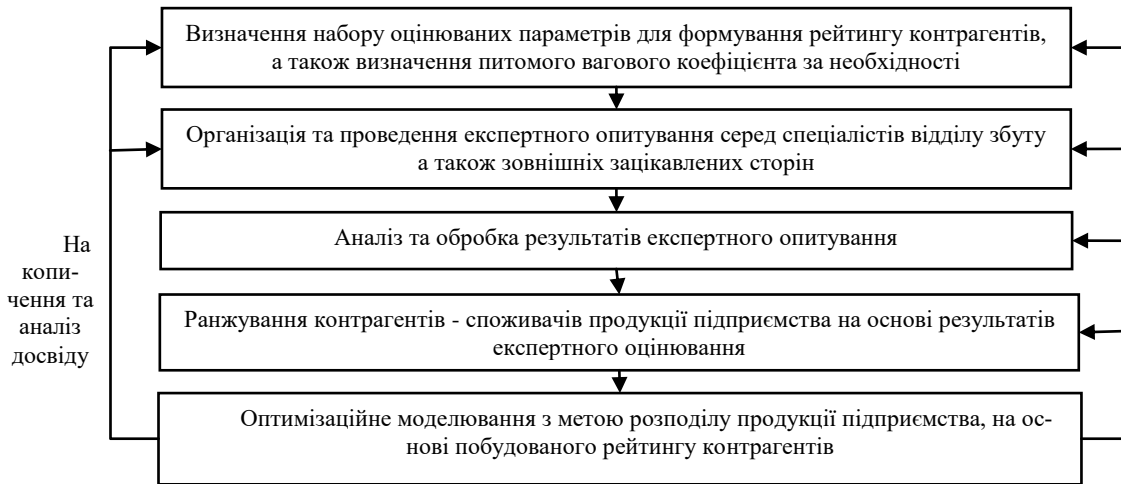


Рис 1. Етапи підготовки до прийняття рішення щодо оптимального планування збуту продукції

Як видно із запропонованої схеми, рейтингова оцінка та аналіз контрагентів є ключовим аспектом, адже саме побудова рейтингу дозволяє формалізувати процес вибору, зробити його більш об'єктивним і скоротити час прийняття рішення. В роботі представлено рекомендації щодо процесу ранжування контрагентів продукції добувних підприємств, який складається з 5 етапів.

Етап 1 – Визначення набору оцінюваних параметрів для визначення рейтингу контрагентів. З метою вирішення поставленої в роботі задачі, запропоновано використовувати наступні критерії для оцінки контрагентів: статус контрагента; репутація контрагента; оцінка умов поставок, масштабність поставок; складність транспортування; рівень платоспроможності; своєчасність оплати; надійність контрагента; фінансова стійкість; стабільність укладення договорів.

Етап 2 – Організація та проведення експертного опитування. Етап розпочинається безпосередньо з підбору експертів та формування експертних груп. В якості експертів рекомендується обирати провідні спеціалістів відділів збуту, які займаються організацією збуту продукції у відповідності з плановими завданнями та укладеними договорами (контрактами) на зовнішньому і внутрішньому ринку.

При формуванні анкет доцільно дотримуватись наступних вимог:
забезпечення незалежності формування експертами власної думки;
зручність роботи з анкетами;
прийнятні витрати часу на відповіді з питань анкети;
збереження анонімності відповідей для членів експертної групи.

Також даний етап включає в себе формування правил визначення сумарних оцінок на основі оцінок окремих експертів. Рекомендовано використовувати зважену середньоарифметичну оцінку думки групи експертів. Зважування ґрунтується на оцінці компетентності кожного експерта і є коефіцієнтом у діапазоні від 1 до 10. В якості оцінюваних параметрів рекомендовано наступні: рівень кваліфікації експертів у вузькій області спеціалізації, рівень теоретичної підготовки, практичного досвіду і широти кругозору. Додатково рекомендується визначити показник самооцінки експерта за тими ж критеріями. Добуток об'єктивного і суб'єктивного показників, поділений на сто, буде характеризувати компетентність експерта з даного питання

Експертам запропоновано оцінити кожен критерій за кожним контрагентом у діапазоні від 1 до 10 – такого порядку бальних оцінок достатньо для забезпечення репрезентативності результатів оцінювання.

Етап 3 - обробка та аналіз експертних оцінок. При проведенні аналізу зібраних експертних даних необхідно визначити узгодженість дій експертів і достовірність експертних оцінок. Для оцінки ступеня узгодженості думок експертів рекомендовано використовувати показник дисперсії.

Етап 4. Ранжування контрагентів – результатом даного етапу є поділ всіх контрагентів на три основні групи, згідно кількості набраних балів.

Основні положення щодо розподілу контрагентів а також логіка економіко-математичної моделі були викладені у [17]. В поточній роботі уточнено рекомендації та набула подальшого

розвитку оптимізаційна модель з урахуванням результатів, отриманих в процесі її експериментального застосування.

Зазначимо, рішення про співвідношення між сумою рейтингових балів та конкретною групою, до якої було віднесено підприємство, носить експертний характер, залежить від специфіки діяльності підприємства, кількості контрагентів. Дані співвідношення можуть корегуватися у динаміці.

До першої групи належать компанії із рейтингом у діапазоні від 90 до 100 балів. Як правило, це постійні, стратегічно-важливі клієнти - перевірені та платоспроможні, які позитивно зарекомендували себе у минулому, вже довгий час співпрацюють та стали надійними партнерами. У відповідності до цього, виконання укладених з ними контрактів, за будь яких умов виконання планових обсягів добутку (за виключенням критичних обставин), завжди повинні здійснюватися у повному обсязі.

До другої групи рекомендується відносити підприємства-контрагенти, які за рівнем оцінки потрапили у діапазон від 76 до 89 балів. Вони, як правило, також вже досить довгий час співпрацюють з досліджуванім підприємством, є платоспроможними, а їх контракти – вигідними для виробника. У разі виникнення непередбачуваних обставин та невиконання планового обсягу добутку корисних копалин, виробник не зможе у повній мірі забезпечити виконання контрактних вимог. Їм рекомендовано намагатися постачати ту ж саму частку, яка вказана у контракті, тільки розраховану від фактичного обсягу добутку.

До третьої групи належать найменш пріоритетні підприємства, які за рейтингом потрапили у діапазон від 0 до 75 балів. Як правило, вони тільки починають співпрацювати з виробником, та ще не встигли себе добре зарекомендувати, або у ретроспективі взаємовідношень були випадки несвоечасної оплати або інші проблеми. У разі недовиконання планового обсягу добутку залізної руди, обсяг недопоставки пропорційно розподіляється між цими підприємствами, а у разі істотного недовиконання плану, обсяги здійснення поставок даним підприємствам будуть мінімальними, або ж взагалі не будуть виконані.

У випадку перевиконання плану виробництва – за рахунок надлишків забезпечуються недопоставки минулих періодів.

Ключова ідея роботи полягає в тому, що у випадку недостатнього обсягу видобування корисних копалин, більш раціональним є забезпечення пропорційного розподілу обсягу недопоставки між контрагентами згідно пріоритету, ніж повне невиконання контрактних зобов'язань перед окремими споживачами. При цьому виконання контрактних умов у повному обсязі перед першою групою – стратегічними партнерами є принциповим.

В роботі запропоновано оптимізаційну модель планування збуту продукції видобувного підприємства, в якій враховується планування за окремими періодами. Модель використовує: інформацію про рейтинги контрагентів; планові обсяги поставок; ціни, вказані у контрактах; планові періодичні обсяги видобутку корисних копалин.

Цільова функція оптимізаційної моделі представляє виручку від реалізації продукції підприємства, визначається у кожному періоді та має наступний вигляд

$$F = \sum c_i x_i \rightarrow \max ,$$

де c_i - ціна, вказана у контрактній угоді для i -го контрагента, грн; x_i – фактичний обсяг поставок i -му контрагентові, тис.т.; i – порядковий номер контрагенту підприємства ($i=1..k..m..n$).

Система обмежень оптимізаційної моделі формується за наступною логікою.

Для першої групи контрагентів – за будь-яких умов виконання плану, у кожному конкретному періоді, завжди будуть виконуватися наступні умови

$$x_i = x_i^f = x_i^p ,$$

де x_i , x_i^f , x_i^p – відповідно, фактичний, скоригований і плановий обсяги поставок i -му контрагентові першої групи, тис.т.; номери контрагентів ($i=1..k$).

Для другої групи контрагентів, які знаходяться під порядковими номерами ($i=k+1..m$).

У першому плановому періоді

$$x_i^{f1} * \gamma \leq x_i \leq x_i^p ,$$

де γ – загальний відсоток невиконання плану видобутку продукції у поточному періоді, вимірюється в діапазоні $[0;1]$; x_i^{f1} – скоригований-1 обсяг поставок i -му контрагентові другої групи,

тис.т, який розраховується: у разі 100% виконання або перевиконання плану $x_i^f = x_i^p$; за умов недовиконання плану, визначається за формулою

$$x_i^{f1} = \frac{x_i^p}{Q} \times Q', \quad (1)$$

де Q – плановий обсяг виробництва за період, тис.т.; Q' – фактичний обсяг виробництва за період, тис.т.

У наступних періодах будуть виконуватись умови

$$x_i^{f2} * \gamma \leq x_i \leq x_i^{p2},$$

де x_i^{f2} – скоригований-2 обсяг поставок i -му контрагентові другої групи, тис.т., який розраховується:

за умов перевищення у минулому періоді фактичних обсягів поставок i -му контрагентові над плановими як

$$x_i^{f2} = x_i^{f1}; \quad (2)$$

за умов перевищення у минулому періоді планових обсягів поставок i -му контрагентові над фактичними як

$$x_i^{f2} = x_i^{f1} + (x_i^{p'} - x_i'), \quad (3)$$

де $x_i^{p'}$ – плановий обсяг поставок i -му контрагентові другої групи у минулому періоді; x_i' – фактичний обсяг поставок i -му контрагентові другої групи у минулому періоді.

В свою чергу, x_i^{f1} розраховується:

за умов оптимального виконання плану, перевиконання, а також за умов недовиконання плану добутку корисних копалин та перевищення при цьому фактичного обсягу добутку над плановим

$$x_i^{f1} = x_i^p; \quad (4)$$

за умов недовиконання плану видобутку корисних копалин та перевищення при цьому планового обсягу видобутку над фактичним за формулою (1).

Для третьої групи контрагентів, які знаходяться під номерами ($i=m+1..n$).

У першому періоді характерне виконання умов: $x_i \leq x_i^{f1}$, де x_i^{f1} – скоригований обсяг поставок i -му контрагентові третьої групи, тис. т., визначається наступним чином:

за умов оптимального виконання плану та перевиконання: $x_i^{f1} = x_i^p$;

за умов недовиконання плану, та частина продукції добувального підприємства, що залишилась розподіляється між контрагентами третьої групи, пропорційно до планових обсягів

$$x_i^{f1} = \frac{x_i^p}{Q} \times Q' \times \mu, \quad (5)$$

де μ - відсоток виконання плану для контрагентів, який залишаються після виконання умов поставки для перших двох груп контрагентів, вимірюється в діапазоні $[0;1]$ та розраховується за наступною формулою

$$\mu = (1 - \gamma) - \frac{\sum_{i=1}^k x_i^p}{\sum_{i=m+1}^n x_i^p} * \gamma.$$

У наступних періодах будуть виконуватись умови $x_i \leq x_i^{f2}$,

де x_i^{f2} розраховується:

при перевищенні у минулому періоді фактичних обсягів поставок i -му споживчу над плановими - за формулою (2);

при перевищенні у минулому періоді, планових обсягів поставок i -му контрагентові над фактичними за формулою (3).

В свою чергу x_i^{f1} розраховується:

за умови оптимального виконання плану, перевиконання, а також за умов недовиконання плану видобутку корисних копалин та перевищення при цьому фактичного обсягу добутку над

плановим - за формулою (4);

за умови недовиконання плану видобутку корисних копалин та перевищення при цьому планового обсягу видобутку над фактичним - за формулою (5).

Також, у обов'язковому порядку повинні виконуватись загальні умови: $x_i \geq 0$ та $\sum x_i = Q'$.

Розрахунок моделі здійснюється методами математичного програмування із застосуванням відповідного програмного забезпечення.

Дану модель було застосовано для умов видобувного підприємства для різних варіантів недовиконання та перевиконання планових показників видобутку корисних копалин. Модель складено на основі базової відкритої інформації за 2017 р. Враховано умову щоквартального планування поставок.

На рис.2 наведено результати оцінювання контрагентів експертами та розрахунок рейтингової оцінки кожного окремого споживача продукції. Значення кожного параметра визначалось як зважене середньоарифметичне оцінок чотирьох експертів. З урахуванням того, що значення статистичної дисперсії по всім показникам варіює у діапазоні [0; 0,45], можна зробити висновок про узгодженість суджень експертів. Зазначимо, що в даному дослідженні фактори у загальній рейтинговій оцінці не зважувались – приймалась гіпотеза про однакову значимість всіх показників.

1	А	В	С	D	E	F	G	H	I	J	K	
												Вітчизняні споживачі
2	Показник, що характеризує контрагента	ПрАТ «Півд ГЗК»	ПрАТ «ДМКД»	ПрАТ «АМКР»	ПАТ «МК Азовсталь»	ПАТ «ММК ім. Ілліча»	ПрАТ «МК Запоріжсталь»	Дніпровський метал завод				
3	1. Статус, імідж, репутація	10	10	10	10	9	8	10				
4	2. Вигідність умов поставок	9	10	7	9	8	6	8				
5	3. Масштабність поставок	9	10	5	8	8	4	7				
6	4. Вигідність транспортування	10	10	8	9	8	6	8				
7	5. Платоспроможність	10	10	8	9	9	7	8				
8	6. Своєчасність оплати	9	10	8	10	8	7	9				
9	7. Надійність контрагента	10	10	9	9	9	7	9				
10	8. Фінансова стійкість	9	10	9	9	10	6	9				
11	9. Стабільність укладання договорів	10	10	5	8	7	5	6				
12	10. Виконання зобов'язань за контрактами	10	10	8	9	9	7	9				
13	Сума балів	96	100	77	90	85	65	83				
14												
15		Експортні споживачі										
16	Показник, що характеризує контрагента	МК Австрії	МК Болгарії	МК Румунії	МК Польщі	МК Чехії	МК Словаччини	МК Сербії	МК Угорщини	МК Китаю	МК Туреччини	
17	1. Статус, імідж, репутація	10	8	6	10	9	10	10	7	8	5	
18	2. Вигідність умов поставок	8	8	6	9	7	9	10	6	8	6	
19	3. Масштабність поставок	8	6	5	10	8	10	9	5	8	4	
20	4. Вигідність транспортування	9	6	6	9	7	9	9	6	9	5	
21	5. Платоспроможність	9	9	7	10	8	10	9	8	10	6	
22	6. Своєчасність оплати	9	8	6	10	8	9	9	7	9	6	
23	7. Надійність контрагента	9	7	7	9	9	9	9	7	9	7	
24	8. Фінансова стійкість	9	7	6	10	9	9	9	7	9	6	
25	9. Стабільність укладання договорів	8	6	5	10	7	10	10	5	6	5	
26	10. Виконання зобов'язань за контрактами	9	8	7	10	8	9	9	8	9	6	
27	Сума балів	89	74	62	97	81	94	93	68	86	57	
28												

Рис. 2. Середньозважені оцінки експертів та бальна оцінка контрагентів

В роботі запропоновано шаблон аналітичної форми для представлення інформації про розподіл продукції між контрагентами (рис. 3). Дана форма враховує необхідність внесення скорегованих обсягів поставок.

Обсяг поставок за контрактом, тис. т.	Споживачі (на основі рейтингу) у I кварталі									
	ПрАТ «ДМКД»	Мет. комбінат, Польща	ПрАТ «Півд ГЗК»	Мет. комбінат, Словаччина	Мет. комбінат, Сербія	ПАТ «МК Азовсталь»	Мет. комбінат, Австрія	Мет. комбінат, Китай	ПрАТ «ММК»	Дніпровський метал завод
Плановий	95,0	84,0	80,0	73,0	61,0	42,0	38,0	33,0	30,0	28,0
Скоригований 1	95,0	84,0	80,0	73,0	61,0	42,0	35,3	30,7	27,9	26,0
Фактичний	95,0	84,0	80,0	73,0	61,0	42,0	38,0	33,0	11,2	28,0
Ціна, грн./т.	689	710	690	712	712	691	718	713	687	690

Обсяг поставок за контрактом, тис. т.	Споживачі (на основі рейтингу) у I кварталі							Сума, тис. т.	Обсяг добутку, тис.т.	
	Мет. комбінат, Чехія	ПрАТ «АМКР»	Мет. комбінат, Болгарія	Мет. комбінат, Угорщина	ПрАТ «МК Запоріжсталь»	Мет. комбінат, Румунія	Мет. комбінат, Туреччина		План	Факт
Плановий	23,0	20,0	17,0	10,0	8,0	5,0	5,0	660	660	613,8
Скоригований 1	21,4	18,6	11,1	5,6	4,5	2,3	2,3	620,7		
Фактичний	23,0	20,0	11,1	5,6	4,5	2,3	2,3	609,5		
Ціна, грн./т.	715	695	718	711	688	712	710			

Рис 3. Оптимальний розподіл обсягів поставок продукції у I кварталі за умов недовиконання плану на 7%

Продемонструємо результати економіко-математичного моделювання для випадків невиконання виробничого плану та надмірного видобутку корисних копалин (рис. 3, 4).

Як видно з рис. 3, недовиконання встановлених планових обсягів видобутку корисних копалин не впливатиме на обсяги поставок пріоритетним контрагентам першої групи. Весь обсяг недовиробництва був розподілений, згідно встановлених вимог, між контрагентами II та III груп. При цьому, жодному контрагентові не біло відмовлено у поставках.

На рис. 4 представлено результати оптимізаційного моделювання для другого кварталу для умов перевиконання плану видобутку. Фактичні обсяги поставок враховують необхідність компенсувати результати діяльності у попередньому періоді

Обсяг поставок за контрактом, тис. т.	Споживачі (на основі рейтингу) у II кварталі									
	ПрАТ «ДМКД»	Мет. комбінат, Польща	ПрАТ «Півд ГЗК»	Мет. комбінат, Словаччина	Мет. комбінат, Сербія	ПАТ «МК Азовсталь»	Мет. комбінат, Австрія	Мет. комбінат, Китай	ПрАТ «ММК»	Дніпровський метзавод
Плановий	98,0	85,0	80,0	73,0	61,0	42,0	38,0	33,0	30,0	28,0
Скоригований 1	98,0	85,0	80,0	73,0	61,0	42,0	38,0	33,0	30,0	28,0
Скоригований 2	98,0	85,0	80,0	73,0	61,0	42,0	38,0	33,0	48,8	28,0
Фактичний	98,0	85,0	80,0	73,0	61,0	42,0	38,0	33,0	48,8	28,0
Ціна, грн./т.	689	710	690	712	712	691	718	713	687	690

Обсяг поставок за контрактом, тис. т.	Споживачі (на основі рейтингу) у I кварталі							Сума, тис. т.	Обсяг добутку, тис.т.	
	Мет. комбінат, Чехія	ПрАТ «АМКР»	Мет. комбінат, Болгарія	Мет. комбінат, Угорщина	ПрАТ «МК Запоріжсталь»	Мет. комбінат, Румунія	Мет. комбінат, Туреччина		План	Факт
Плановий	25,0	20,0	16,0	10,0	8,0	5,0	5,0	657	657	722,7
Скоригований 1	25,0	20,0	16,0	10,0	8,0	5,0	5,0	657		
Скоригований 2	25,0	20,0	21,9	14,4	16,0	7,7	7,7	699,5		
Фактичний	25,0	20,0	21,9	14,4	16,0	7,7	7,7	699,5		
Ціна, грн./т.	715	695	718	711	688	712	710			

Рис 4. Оптимальний розподіл обсягів поставок продукції у II кварталі за умов перевиконання плану на 10%

Висновки та напрямок подальших досліджень. Таким чином, застосування запропонованої комплексної моделі для прийняття рішень на основі використання рейтингових оцінок та оптимізаційного моделювання дозволить збільшити ефективність збуту продукції видобувних підприємств в умовах нерівномірного видобутку корисних копалин. Зауважимо, що розроблена модель розрахована для застосування в умовах підприємств, для яких характерне виробництво однорідної продукції. Подальший розвиток дослідження полягає у розробці більш складної економіко-математичної моделі, яка б враховувала специфіку багатонаменклатурних підприємств.

Список літератури

1. **Бабець Є. К., Гончар Т. В., Стебляк О. О.** Аналіз привабливості зовнішніх ринків збуту ВАТ "Суша Балка" за допомогою матриць BCG та McKINSEY // 36. матеріалів міжнародної конференції «Сталий розвиток гірничо-металургійної промисловості», 2004. – ст. 182-185.
2. **Варава Л. М., Подсевак В. В., Єлізаров І. Г.** Визначення перспективних ринків збуту та стратегії поведінки на них залізородних гірничо-збагачувальних підприємств з використанням матриці "привабливість - конкурентоспроможність" // Вісник КТУ. – 2011, №27 – ст. 306-3011.
3. **Макаренко М. В.** Підвищення конкурентоспроможності промислової продукції шляхом застосування ефективної маркетингової концепції збуту // Актуальні проблеми економіки, 2008, №1 (79). - С. 26-34.
4. **Біловодська О.А.** Маркетингова політика розподілу : навч. посіб. - К. : Знання, 2011. - 495 с.
5. **Гладун П.П.** Управління каналами розподілу як складова комерційного успіху підприємства//Економіка та управління підприємствами. – 2011, №6. – ст. 83-88.
6. **Гірченко Т.Д., Дубовик О.В.** Маркетинг: Навч. посібник. – К.: Фірма Інкос, Центр навчальної літератури, 2007. – 255 с.
7. **Планування діяльності підприємства: Навч.-метод. посіб. для самост. вивч. дисц. / За заг. ред. В. Є. Москалюка.** – К.: КНЕУ, 2002. – 252 с.
8. **Ямкова О.М.** Зміст формування збутової політики виробничих підприємств / О.М. Ямкова // Економіка і управління. – 2012. – № 2. – С. 52-59.
9. **Ковальчук В. А., Макаров А. О.** Встановлення оптимальної структури збутової діяльності видобувного підприємства // Матеріали міжнар. наук.-техн. Конференції «Розвиток промисловості та суспільства», 2017. - с. 115
10. **Ковальчук Т. М., Ковальчук Н. В.** Оптимізація збутової діяльності гірничо-видобувного підприємства // 36. матеріалів міжнародної конференції «Сталий розвиток гірничо-металургійної промисловості», 2012. – ст. 86.

11. Экономико-математические методы и модели: практика применения в курсовых и дипломных работах: учебное пособие / В.В. Христиановский, Т.В. Нескорородева, Ю.Н. Полшков; под ред. В.В. Христиановского – Донецк: ДонНУ, 2012. – 324 с
12. Економіко-математичне моделювання: Навчальний посібник / За ред. О. Т. Іващука. – Тернопіль: ТНЕУ «Економічна думка», 2008. – 704 с.
13. Єжова Л. Ф. Інформаційний маркетинг: Навч. посібник. – К.: КНЕУ, 2002. – 560 с.
14. Окландер М. А., Хромов О. П. Промислова логістика [Текст] .-К.:ЦНЛ,2004 .-222 с
15. Трідід О. М., Азаренкова Г. М., Мішина С. В., Борисенко І. І. Логістика .-К.:Знання,2008 .-566 с.
16. Темченко А. А., Луценко Н. И. Прогнозирование объемов продаж в системах массового обслуживания //Вісник КТУ, 2003, №2.-С. 147-149.
17. Обґрунтування економіко-математичної моделі оптимізації планування збуту продукції / Завсєгдашня І.В., Завсєгдашня О.О.// Materiały IX międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Strategiczne pytania światowej nauki – 2014» - Volume 5. Ekonomiczne nauki,,: Pzemysl: Nauka I studia 2014 – P.80-84

Рукопис подано до редакції 20.10.2020

УДК 622.765

А.Ю. КРИВЕНКО, канд. техн. наук, ст. викл.,
Ю.Ю. КРИВЕНКО, канд. техн. наук., ст. наук. співроб.
Криворізький національний університет

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГРАВІТАЦІЙНОГО ПОДІЛУ ЗАЛІЗОРУДНОЇ СИРОВИНИ У ВАННІ ДЕШЛАМАТОРА

Мета. Дослідження питань пов'язаних із гравітаційним гідравлічним збагаченням залізорудної сировини в дешламаторах і вирішення їх методами математичного і імітаційного моделювання шляхом застосування теорії подоби і розмірностей.

Методи досліджень. Використання загальнонаукових методів дослідження: теорії ймовірності, теорії інформації, методів математичного моделювання, законів гідравліки і гідродинаміки.

Наукова новизна. Виконано прогнозування поведінки вихідного потоку пульпи з живильного пристрою апарата, як компактного затопленого повного в'язового струменю, що дозволило досліджувати залежності швидкості руху пульпи і змісту твердої фази від параметрів пристрою живлення. Отримані залежності дають можливість зменшити негативний вплив затопленого струменю на гравітаційне збагачення залізорудної сировини шляхом накладення обмежень на конструктивні особливості живильного пристрою. На основі застосування відомих законів гідродинаміки була побудована математична модель гравітаційного гідравлічного поділу залізорудної сировини у ванні дешламатора після виходу пульпи з живильного пристрою, відповідно до якої при виборі структури моделі використовуються теоретичні передумови, а параметри, що входять у модель, встановлюють експериментально. Отримана залежність швидкості нагромадження згущеного продукту, як функція гідравлічної крупності часток, що осаджуються, розмірів ванни апарата і пристрою подачі вихідного живлення. Представлена залежність дозволяє вибирати необхідні параметри гідравлічного апарата і пристрою подачі вихідного живлення з метою досягнення необхідної якості загущеного продукту.

Практична значимість. Полягає в удосконаленні технології збагачення залізних руд за рахунок підвищення ефективності гідравлічного збагачення у дешламаторах, а також у розробці нового способу формування вихідного живлення в прийомну ємність апарата, визначенні конструктивних і технологічних параметрів процесу.

Результати. Проведення імітаційного моделювання шляхом застосування теорії подібності і математичної моделі гравітаційного поділу залізорудної сировини у дешламаторі представлена в безрозмірному вигляді. Це дозволяє істотно скоротити число параметрів, що впливають на протікання досліджуваного процесу. Проведення обчислювального експерименту за результатами математичного моделювання процесу гравітаційного поділу залізорудної сировини у дешламаторі дозволило вивчити поведінку відповідних залежностей. Разом з тим, на практиці виникають питання про знаходження кількісних співвідношень. Для рішення цих питань необхідне проведення експериментів на реальних об'єктах, тобто на функціонуючих дешламаторах, з метою збору статистичного матеріалу для оцінки величин параметрів, які входять у синтезовані математичні моделі.

Ключові слова: дешламатор, знешламлення, радіальний згущувач.

doi: 10.31721/2306-5451-2020-1-51-69-75

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Можливість підвищення якості магнетитових концентратів гірничо-збагачувальних комбінатів забезпечує їхню значну конкурентоздатність як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках. Це досягається