УДК 004.9

Жук А.В.[1], Коряшкіна Л.С.[2]

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ НЕЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ З МЕТОЮ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ ЗМІННОГО ГРАФІКУ РОБОТИ ПЕРСОНАЛУ ПІДПРИЄМСТВА

Непередбачуваність сучасного світу, змушує кожну людину задумуватися над тим, яким саме чином вона може пристосуватися до наступного моменту її життя. У свою чергу, теж саме можливо казати і про будь-яке підприємство, не зважаючи на його масштаб. Насамперед, це пов’язано з тим, що швидкість адаптації до нових реалій світової економіки, яка діє за ринковою моделлю, має безпосередній вплив на

[1] студент групи 124-18-1, НТУ «Дніпровська політехніка»
[2] доцент кафедри САіУ, НТУ «Дніпровська політехніка», к. ф.-м. н.

тривалість певного життєвого циклу підприємства. Через що, найважливіший момент роботи кожного підприємства – оптимізація відповідних виробничих процесів, один з яких полягає саме у знаходженні такої мінімальної кількості робітників, яка необхідна для безперебійної роботи цієї організації.

Саме з метою проведення такої оптимізації, український підрозділ міжнародного пивоварного концерну AB InBev Efes звернувся до головної кейс-спільноти України Casers [1]. Реалізований на основі такої кооперації кейс-чемпіонат мав на меті отримати таке рішення, яке б допомогло оптимізувати кількість робітників пакувального департаменту за дотриманням певних умов, а саме:

1. На броварні наявні чотири пакувальні лінії, на яких випускають продукцію:
   a) у склі;
   b) у пластиковій тарі;
   c) у банці;
   d) кегову.
2. Весь персонал пакувального департаменту ділиться на 3 класи та має різну оплату праці. Розподіл на класи відбувається за наступним принципом:
   a) 1-й клас може працювати на будь-якій лінії;
   b) 2-й на будь-яких двох лініях;
   c) 3-й лише на одній.

Таким чином, з метою оптимізації роботи пакувального департаменту необхідно було розрахувати щомісячну потребу в персоналі, враховуючи: плани виробництва та ріст потужності ліній скляної та пластикової пляшки на 10% в період з травня по серпень та падіння потужності на цих лініях на 10% з вересня по квітень. При цьому, потужність ліній банки та кег залишаються сталими.

Аналізуючи плани виробництва, було встановлено, що броварня повинна працювати у безперервному робочому режимі. Таким чином, виходячи з того, що тривалість виробничого процесу перевищує допустиму тривалість роботи – щомісячна потреба в персоналі розраховується у форматі змінної роботи. Аналізуючи існуючі підходи до формування робіт, було встановлено, що найкраще себе показує п’ятиденний, трьох змінний графік роботи, а саме:

1. Перша зміна – з 6:00 до 15:00. Час і тривалість перерви – 1 година з 10:00 до 11:00;
2. Друга зміна - 14:00 до 23:00. Час і тривалість перерви – 1 година з 18:00 до 19:00;

3. Третя зміна - 22:00 до 7:00. Час і тривалість перерви – 1 година з 1:00 до 2:00;

Саме цей підхід відповідає існуючим нормам у законодавстві України, а саме:

1. Стаття 50 КЗпП України : «Нормальна тривалість робочого часу працівників не може перевищувати 40 годин на тиждень»;

2. Стаття 59 КЗпП України : «Тривалість перерви в роботі між змінами має бути не меншою подвійної тривалості часу роботи в попередній зміні (включаючи і час перерви на обід)» [2].

Запропонований підхід до розробки змінного графіку роботи полягає у знаходженні необхідної кількості змін для обслуговування усіх ліній пакування за допомогою задачі нелінійного програмування. Вихідні дані задачі:

i – номер пакувальної лінії, $i = \overline{1,4}$;

q_i – кількість працівників, що одночасно обслуговують $i-$ю лінію, $q = (7, 5,5,5)$;

s – клас працівника, $s = \overline{1,3}$;

k – тип продукції, $k = \overline{1,12}$;

$$\delta_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } k-\text{я продукція пакується на } i-\text{й лінії}, \\ 0, & \text{в іншому випадку.} \end{cases}$$

t – місяць, $t = \overline{1,12}$;

D^t – кількість днів у місяці;

d – день місяця t, $d = 1, D^t$;

W_{ik}^t – звичайна потужність лінії i по пакування $k-$ї продукції в $t-$м місяці; $\forall\, i,k\colon \delta_{ik} = 1; \forall\, t = \overline{1,12}$;

$Plan_k^t$ – план пакування $k-$ї продукції в $t-$м місяці;

$[z]$ – ціла частина числа z.

За умовою першого завдання потужність лінії пакування визначається наступним чином:

$$W_fact_{ik}^t = \begin{cases} W_{ik}^t * 1{,}1\ , \forall\, i = 1{,}2\ , k = \overline{1,12} : \delta_{ik} = 1; \forall\, t = 5{,}6{,}7{,}8\ , \\ W_{ik}^t * 0{,}9\ , \forall\, i = 1{,}2\ , k = \overline{1,12} : \delta_{ik} = 1; \forall\, t = 1{,}2{,}3{,}4{,}9{,}10{,}11{,}12, \\ W_{ik}^t\ , \forall\, i = 3{,}4\ , k = \overline{1,12} : \delta_{ik} = 1; \forall\, t = \overline{1,12}. \end{cases}$$

Виходячи з того, що план пакування на усіх лініях (незалежно від типу продукції) заданий в галонах, та потужності кожної лінії також зазначені у галонах/годину, тоді є доцільним для проведення подальших розрахунків представити план роботи пакувального департаменту в форматі : лінія – кількість годин. Тоді:

$A_{ik}^t = \frac{Plan_k^t}{W_{fact}{}_{ik}^t}$ – кількість годин, яка необхідна для роботи $i-$ й лінії, при пакуванні запланованої кількості продукції $k-$ го типу ($\forall\, i,k$: $\delta_{ik} = 1$) у t місяці,

$$Line_hours_i^t = \sum_{k=\overline{1,12}:\ \delta_{ik}=1} A_{ik}.$$

Якщо припустити, що одна робоча зміна триває 8 годин, то можливо розрахувати кількість змін в $t-$м місяці, за які можливо виконати пакування запланованої кількості продукції в склі, пластику, банках та кегах. Зазначимо, що розрахунок буде використовувати округлення вгору до цілого числа, а отриманий надлишок виконання плану буде розміщено на складі.

$$Number_Shifts_i^t = \frac{Line_hours_i^t}{Turn},$$

де $Turn$ – тривалість робочої зміни (8 годин).

У свою чергу максимальна кількість робочих змін у день, з врахуванням рівномірного розподілу усіх змін на місяць, можливо отримати наступним чином:

$$MaxShift_Day^t = \left[\frac{\sum_{i=1}^{4} Number_Shifts_i^t}{D^t}\right] + 1.$$

Середнє значення змін на тиждень визначається наступним чином:

$$Mean_Week_i^t = \left[\frac{Number_Shifts_i^t}{D^t} * 7\right].$$

Припустимо, що робоча неділя розпочинається з 1-го числа. Тоді, нехай x_{id}^t – це кількість змін роботи $i-$ й лінії в $d-$ й день місяця t;

$0 \le\ x_{id}^t \le 3, x_{id}^t -$ цілі $\forall\ i = \overline{1,4},; d = 1, D^t, t = \overline{1,12}$.

Таким чином необхідно знайти такий набір значень $X = \{x_{id}^t\}$, при якому отримуємо мінімальне значення функції:

$$f_t(x) = \sum_{d=1}^{D^t}\left(\sum_{i=1}^{4} x_{id}^t - MaxShift_Day^t\right)^2, \qquad (1)$$

при наступних обмеженнях:

$$\sum_{d=1}^{D^t} x_{id}^t = Number_Shifts_i^t;\ \forall\ i = \overline{1,4}, \qquad (2)$$

$$\sum_{d=1}^{7} x_{id}^{t} = Mean_Week_{i}^{t};\ \forall\, i = \overline{1,2}, \tag{3}$$

$$\sum_{d=8}^{14} x_{id}^{t} = Mean_Week_{i}^{t};\ \forall\, i = \overline{1,2}, \tag{4}$$

$$\sum_{d=15}^{21} x_{id}^{t} = Mean_Week_{i}^{t};\ \forall\, i = \overline{1,2}, \tag{5}$$

$$\sum_{d=22}^{28} x_{id}^{t} = Mean_Week_{i}^{t};\ \forall\, i = \overline{1,2}, \tag{6}$$

$$\sum_{d=29}^{D^t} x_{id}^{t} = 3 * (D^t - 27);\ \forall\, i = \overline{1,2}, \tag{7}$$

У випадку, коли $t = 1,2,3,4,9,10,11,12$, то до обмежень (2) – (7) додатково додаються ще одні, які описують чергування неділь роботи ліній кег та банок, а саме:

$$\left(\sum_{d=1}^{7} x_{3d}^{t}\right) * \left(\sum_{d=1}^{7} x_{4d}^{t}\right) = 0, \tag{8}$$

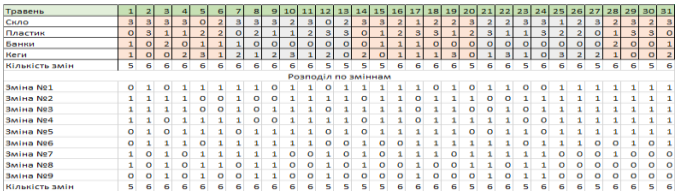
$$\left(\sum_{d=8}^{14} x_{3d}^{t}\right) * \left(\sum_{d=8}^{14} x_{4d}^{t}\right) = 0, \tag{9}$$

$$\left(\sum_{d=15}^{21} x_{3d}^{t}\right) * \left(\sum_{d=15}^{21} x_{4d}^{t}\right) = 0, \tag{10}$$

$$\left(\sum_{d=22}^{28} x_{3d}^{t}\right) * \left(\sum_{d=22}^{28} x_{4d}^{t}\right) = 0, \tag{11}$$

$$\left(\sum_{d=29}^{D^t} x_{3d}^{t}\right) * \left(\sum_{d=29}^{D^t} x_{4d}^{t}\right) = 0. \tag{12}$$

Таким чином можливо отримати необхідну кількість змін на день, з метою забезпечення виконання плану випуску продукції. Проте, варто зазначити, що для дотримання законодавства необхідно на місяць мати таку кількість необхідних змін, яка б була на дві одиниці більша, за величину найбільшої потреби за місяць. Тож, встановлена фактична потреба у кількості змін на кожній лінії буде мати наступний вигляд:



Травень	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Скло	3	3	3	3	0	2	3	3	3	2	3	0	2	3	3	2	1	2	2	3	2	2	3	3	1	2	3	2	3	2	3
Пластик	0	3	1	1	2	2	0	2	1	1	2	3	3	0	1	2	3	3	1	2	3	1	1	3	2	2	0	1	3	3	0
Банки	1	0	2	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1
Кеги	1	0	0	2	3	1	2	1	2	3	1	2	0	2	0	1	1	1	3	0	1	3	1	0	3	2	2	1	0	0	2
Кількість змін	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	6	6	6	6	5	6	6	5	6	6	6	5	6	6	5	6
Розподіл по змінам																															
Зміна №1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Зміна №2	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Зміна №3	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Зміна №4	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Зміна №5	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Зміна №6	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1
Зміна №7	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
Зміна №8	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Зміна №9	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Кількість змін	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	6	6	6	6	5	6	6	5	6	6	6	5	6	6	5	6

Рис. 1 - Встановлена фактична потреба у кількості змін на кожній лінії

Висновки: Отже, запропонований підхід до формування змінного графіку роботи на підприємствах є дуже практичним та універсальним. Практичність полягає у тому, що він дає змогу швидко зрозуміти необхідну кількість людей, задля забезпечення функціональності підприємства. При цьому, відсутня необхідність у введені інформації для певної кількості людей, їх години роботи, тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Casers: Production planning challenge [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://casers.org/cases/production-planning-challenge

2. Кодекс законів про працю України : Кодекс України від 10.12.1971 р. № 322-VIII : станом на 31 груд. 2021 р. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08#Text (дата звернення: 26.02.2022).