

СЪДЪРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| СЪДЪРЖАНИЕ | 1 |
| ВЪВЕДЕНИЕ | 2 |
| ПЪРВА ГЛАВА | 3 |
| 1. ОПЕРАТИВНО ПЛАНИРАНЕ НА ПРОКАТНИ ПРОИЗВОДСТВА | 3 |
| 1.1. Постановка на задачата..... | 3 |
| 1.2. Литературен обзор | 7 |
| 1.2.1 Решаване на задачата за оперативно планиране на прокатни производства | 7 |
| 1.2.2 Решаване на задачата на търговския пътник..... | 9 |
| 1.2.3 Генетични алгоритми за решаване на задачата на търговския пътник | 10 |
| ВТОРА ГЛАВА | 23 |
| 2. ТЕХНОЛОГИЯ НА ВАЛЦУВАНЕ И ПЛАНИРАНЕ НА ПРОИЗВОДСТВОТО НА СТАН 1700 ГВ | 23 |
| 2.1. Асортимент | 26 |
| 2.2. Преддеформационно нагряване на метала | 27 |
| 2.3. Технология на валцуването | 30 |
| 2.3.1 Ред на валцуване..... | 30 |
| 2.3.2 Установяване на технологични параметри..... | 31 |
| 2.3.3 Охлаждане на ГВ лента | 32 |
| 2.4. Фабрикация и изготвяне на график за валцуване | 32 |
| ТРЕТА ГЛАВА | 35 |
| 3. ГЕНЕТИЧЕН АЛГОРИТЪМ ЗА ПЛАНИРАНЕ НА ПРОИЗВОДСТВОТО | 35 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 43 |
| ЛИТЕРАТУРА | 44 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ | 45 |

ВЪВЕДЕНИЕ

Основните изисквания към производствените предприятия в условията на глобализация на пазара и бурно развитие на информационните и комуникационни технологии е създаването и производството на качествена и евтина продукция, в необходимите определени от пазара количества, както и бърза, гъвкава реакция по отношение на предлагания асортимент и времето на неговото производство. Всички тези изисквания определят както изграждането на качествена организация и управление на производството, така и непрекъснатата, динамична връзка с доставчика и потребителя, т.е. управление на фирмата като система, намираща се в непрекъснатата връзка със средата. Единствено обвързването на системите за управление на производството със системите за доставка и реализация на продукцията може да гарантира желаната печалба на предприятието.

Прокатните производства принадлежат към едни от най-капиталоемките, материалоемки и енергоемки производства. Всички въпроси по отношение на планирането и управлението на производството трябва да се решават на основа на системния анализ на работата на комплекса пещи-стан. Да се изпълняват изискванията за навременна доставка на висококачествена продукция до клиентите при минимизиране на оперативните разходи е възможно само чрез ефективна работа на системите за оперативно планиране и контрол на производствата.

Един от основните проблеми при реализацията на тези цели обаче е липсата на специализиран софтуер за планиране и управление на производството. Изискванията, които се предявяват към него са твърде различни и зависят от типа производство и избраните стратегии за управление, което налага индивидуален подход при тяхната разработка и изграждане.

Обект на разглеждане в настоящата дипломна работа е да се направи анализ на прокатните производства както по отношение на използваните суровини и произвеждани продукти, така и по отношение на технологията на протичащите производствени процеси за дефиниране и решаване на задачата за оптимално планиране на производството. Решаването на тази задача би довело до по-ефективно използване на производствената система, намаляване себестойността на продукцията и навременно удовлетворяване изискванията на клиентите.

ПЪРВА ГЛАВА

1. ОПЕРАТИВНО ПЛАНИРАНЕ НА ПРОКАТНИ ПРОИЗВОДСТВА

1.1. Постановка на задачата

Листопрокатните станове произвеждат стоманени рулони чрез горещо валцуване на нагрети до висока температура сляби. Валците, които са в контакт с нагретия метал бързо се загряват, износват и изхабяват, така че валцуването се провежда под формата на кампании с продължителност часове. Между отделните кампании се извършва смяна на определени валци. Кампаниите представляват последователности от десетки до стотици сляби, които отговарят на комплекс от технически, търговски и логистични условия. Създаването на подходящи кампании е изключително трудна задача, която изисква време и колектив от опитни специалисти. Техническите и логистичните ограничения произтичат от разнообразните агрегати, които участват в процеса на производство на листов стомана (кранове, пещи, работни клетки, транспортни механизми).

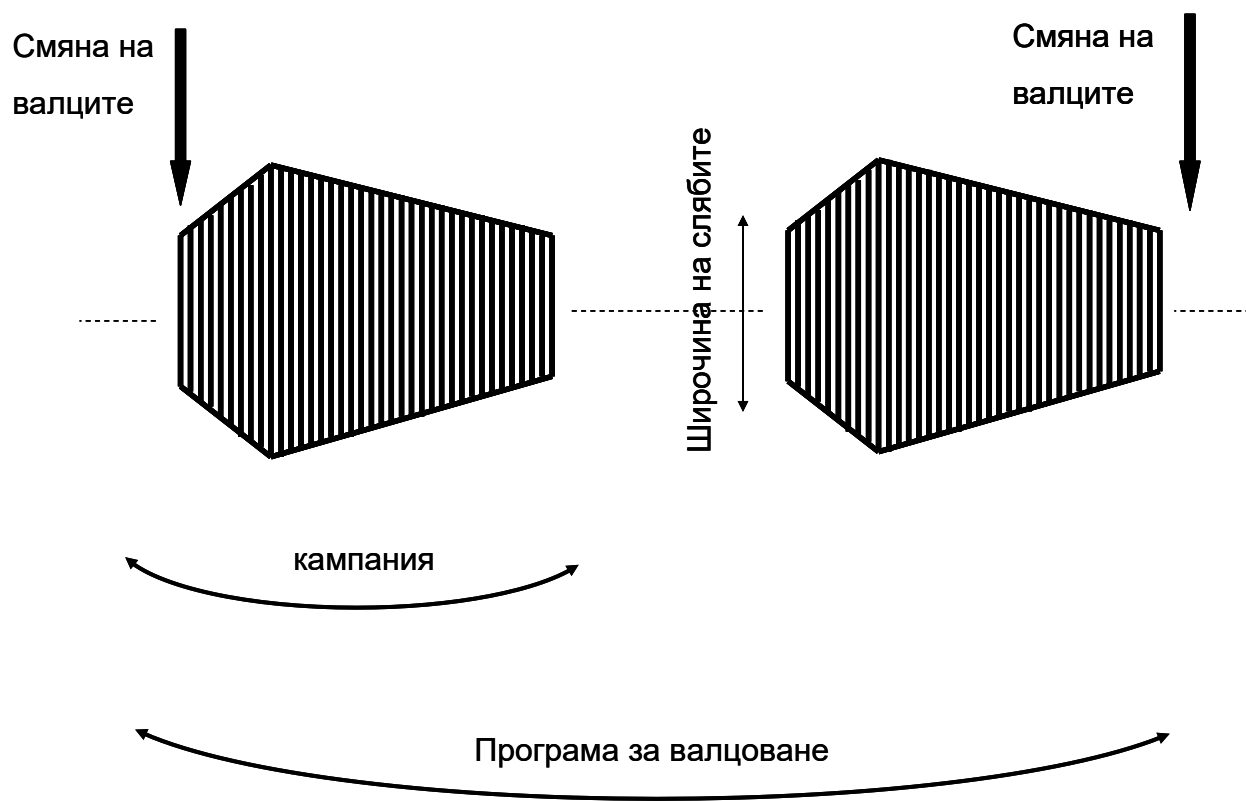
Всеки рулон може да се произведе от различни по размери и свойства сляби, така че задачата за избор на сляби е от значение за осигуряване на непрекъснат процес на валцуване.

Стомани с различни механични и химични свойства се нагряват до различни температури преди валцуване. За ефективна работа на пещите е необходимо да се осигури едновременно нагряване на сляби с близки химични и геометрични свойства. Становете се захранват от няколко работещи методични пещи.

Промените в крайния размер (дебелината) на лентата и твърдостта на стоманата в последователността от сляби в една кампания е от много важно значение за оборудването. Честите промени в широчина и краен размер изискват често промени в настройките на клетките от стана и като резултат водят до

влошаване на качеството на продукцията. Големите промени в настройките рискуват повреждане на оборудването, престои и непланови ремонти.

Всяка кампания за валцуване трябва да отговаря на следните изисквания. В началото се започва с „лесни“ за валцоване, тесни, дебели, „меки“ сляби с не големи изисквания по отношение на качеството, продължава се (с малки отклонения в размери и твърдост) към „по-трудни“, широки сляби, с по-специални изисквания за качеството. Следва завършване на кампанията с последователност от сляби, постепенно намаляващи по ширина за изключване на петна от валците върху широките рулони. Всички тези изисквания определят широчинния профил на слябите в една кампания да има форма на ковчег – фиг.1



Фигура 1

Състоянието и типа на работещите валци определя типа на ковчег и оттук слябите, които трябва да бъдат подредени в него. Изборът на тип на ковчег е много

важна задача на оперативното планиране, която следва да отчита технически и търговски ограничения.

Търговските ограничения възникват от факта, че стоманопреработвателните предприятия се изпълняват последователно с различни по вид, качество и срокове поръчки. При наличие на голям брой поръчки би следвало да се максимизира производителността на стана, което поражда и нова задача за селекция. Когато поръчките не са много и са близки по технически показатели, би следвало да се обърне по-голямо внимание на валцуването на специалните поръчки, за които има зададени по-високи изисквания за качество на повърхността, нестандартни размери и свойства. Нестандартните поръчки изискват специални типове ковчези и специално място в тях.

Въпреки, че горещото валцуване е общо взето един предвидим технологичен процес, възникват събития като повреждане на оборудването (кранове, пещи, валцови механизми); трябва да се реагира и при отказани, извънредни и спешни поръчки.

Ефективната работа на заводите за горещо валцуване се оценява с различни критерии. Персоналът обикновено използва оценки, свързани с производителността и качеството на стоманат. Търговските отдели държат на обема на поръчките и навременното им изпълнение. Мениджърите използват комплексни показатели, свързани с удовлетворяване изискванията на клиентите и разходите за производство. В много случаи критериите са в конфликт.

Информацията за изготвяне на кампаниите идва от различни източници – наличие и характеристики на сляби и поръчки; качеството и сигурността на информацията не е гарантирано.

Някои важни технически правила и изисквания за използване на оборудването до голяма степен са субективни – зависят от човешкия фактор: квалификация, опит и принципи на работа на персонала.

От изключително значение при планирането на производството е да се определи кои от задачите са рутинни, къде компютърно генерираната информация би била най-полезна и за решаването на кои задачи са необходими единствено човешки

умения, знания и опит. На базата на проведено изследване [1], можем да обобщим задачите в таблица 1.

| ЗАДАЧИ, ПОДДАВАЩИ СЕ НА КОМПЮТЪРИЗАЦИЯ | ЗАДАЧИ, ИЗИСКВАЩИ ГЪВКАВОСТ И ЧОВЕШКА НАМЕСА |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Определяне последователности, на базата на практически правила, инженерни принципи и изчисления 2. Подбор на сляби за изпълнение на поръчките | <ol style="list-style-type: none"> 1. Решаване коя кампания кога да се валцува 2. Определяне приоритети при изпълнение на поръчките 3. Определяне на приоритети при критериите за ефективност 4. Промени в кампаниите в резултат на непредвидени събития 5. Ревизиране на практически правила в резултат на постъпила нова информация 6. Получаване и обработване на информация за вероятни бъдещи събития 7. Разпределение на информацията |

Таблица 1 Разпределение на задачите за планиране на производството

По-голяма част от времето на групата за производствено планиране отива за определяне на последователностите от сляби, които трябва да се валцуват за определения период. За тази задача са добре дефинирани инженерни принципи и ограничения и тя представлява обобщена несиметрична задача на търговския пътник – един комбинаторен оптимизационен проблем от сложност NP-hard [1].

Комплексността на задачата е причина редица опити за планиране на производството да завършат с неуспешни (неприложими) решения [1].

Ако времето на персонала е свободно от рутинната дейност по подбор и поддръждане на сляби, тогава той би имал повече време за решаване на интересни и нестандартни задачи за генериране на добри и ефективни кампании.

1.2. Литературен обзор

1.2.1 Решаване на задачата за оперативно планиране на прокатни производства

В литературата са посочени различни подходи, които в различен аспект, сложност и пълнота решават задачите за оперативното планиране в листопрокатните цехове за горещо валцуване на стомана.

Едни от първите опити за автоматично генериране на оптимални производствени графици [2] представлява евристичен алгоритъм, който дефинира целева функция чрез термините на икономическа ефективност, съставена от конфликтните качество на продукцията, производителност и навременно изпълнение на поръчките. Това представяне се дава чрез наказателна функция, която включва параметри, като вариране на широчина на слябите, крайна дебелина на лентата и твърдост на стоманата. Представеният евристичен алгоритъм модифицира дадено начално състояние чрез преместване на сляби в текущата поредност в посока на подобряване на целевата функция. Методът се основава на проби и грешки и условието за спиране се фиксира от потребителя. Възможно е финализиране в локален екстремум.

Теоретични основи за оптимално решаване на задачата поставя Balas [3] през 1985 година чрез обобщение на известната задача на търговския пътник (Travelling Salesman Problem - TSP), наречено задача за събиране на премии от търговския пътник (Prize Collecting Travelling Salesman Problem - PCTSP). Зададен е броя градове, които трябва да се посетят; търговският пътник пътува от град на град и заплаща определена сума в зависимост от разстоянието. Задачата на търговския пътник търси маршрут с минимални сумарни разходи. Обобщението на задачата (задачата за събиране на премии) предполага получаване на премии в посетените

градове и заплащане на глоби за непосетените, като се минимизират разходите и глобите, но се посещават достатъчно градове, за получаване на предварително дефинирано възнаграждение.

Постановката на задачата за събиране на премии от търговския пътник (PCTSP) в оптималното планиране на производството в заводите за горещо валцуване разграничава две задачи: избиране на сляби за поръчките от склада за сляби (задача за подбор) и определяне на последователността на обработка на поръчките (слябите) – задача за последователност. Двете задачи се решават съвместно с евристични методи, като задача на търговския пътник (последователност) с ограничения от задачата на раницата (подбор) [4, 5, 6].

Целта на оптималното планиране, поставена в [5] е да дефинира последователността на валцуване на слябите, така че да се максимизира производителността, осигури качеството на продукцията при навременна доставка на поръчките, като се удовлетворяват всички ограничения на производството. Всеки рулон в една поръчка се характеризира със следните параметри: тегло, ширина, дължина, дебелина, съдържание на въглерод и алуминий и дата за доставка. Всяка поръчка може да се състои от рулони от различни марки стомана и размери. Всяка сляба, предназначена за валцуване се характеризира с тегло, ширина, дължина, дебелина, съдържание на въглерод и алуминий. Най-важните ограничения са:

- плавно изменение в широчината и крайната дебелина на рулоните, тъй като това ще съкрати или ще се избегнат допълнителните настройки на валцовите клетки;
- навременно изпълнение на поръчките.

Проблемът за оптималното планиране е формулиран като разширение на известната задача на търговския пътник - задача за събиране на премии от търговския пътник (Prize Collecting Travelling Salesman Problem - PCTSP).

Разглежда се граф $G=(N,A)$, където N са възлите, A -дъгите. Възлите и дъгите имат предварително дефинирано тегло (стойност). Всеки възел N представлява рулон или съответната му сляба. Теглото на рулона е премията, която зависи и от датата на доставка. Всяка дъга свързва два рулона. Теглото на дъгата представлява глобата за скоковете в ширина на слябите и крайния размер на лентата. Целта е да се

максимизира разликата между събраните премии θ_i и платените глоби P_{ij} , като се отчитат наложените от технологията ограничения.

$$\max \left(\mu \sum_{i=1}^N \theta_i Y_i - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N P_{ij} X_{ij} \right) \quad (1.1)$$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^N L_i Y_i &\leq L_{\max} \\ \sum_{i=1}^N X_{ij} &= Y_j \quad j = 1, 2, \dots, N \\ \sum_{j=1}^N X_{ij} &= Y_i \quad i = 1, 2, \dots, N \end{aligned} \quad (1.2)$$

Първото от уравнения (1.2) гарантира, че общата дължина на валцуваните рулони е ограничена (изискване поради износването на валците), второто и третото осигуряват, че точно една сляба се валцува преди j сляба (след i сляба).

В [7] се твърди, че при планирането на производството в заводите за горещо валцуване комбинирането на целите: качество, производителност и печалба е еквивалентно на удовлетворяване на една единствена цел – минимизация на износването на оборудването. Изхабяването на валците, които са в контакт с метала се измерва чрез наказателна функция, която включва наказания за скокове в три характеристики: широчина на слябите, краен размер (дебелина) на листа, твърдост на стоманата. Последователността от сляби с най-ниска стойност на целевата функция води до най-малко изхабяване на валците, съответно до по-добро качество, висока производителност и търговски ползи. В [7] се разглежда класическата задача на търговския пътник (TSP).

1.2.2 Решаване на задачата на търговския пътник

Зададен е броя градове, които трябва да се посетят; търговският пътник пътува от град на град и заплаща определена сума в зависимост от разстоянието. Задачата на търговския пътник (Travelling Salesman Problem - TSP) е да намери маршрут с минимални сумарни разходи. TSP е един от най-интензивно изучаваните проблеми, но въпреки това в момента не съществува метод за ефективно решение в общия случай. За n града трябва да се сравнят $(n-1)!$ на брой маршрути, т.е. $(n-1)!$

пермутации. Ако приемем, че всяка пермутация се получава с една операция, то тази част от алгоритъма може да се оцени с $O((n-1)!)$. Алгоритъмът включва и други действия – търсене на маршрут, изчисляване на цената му, което изисква минимум n операции. Затова горната граница на целия алгоритъм ще бъде не по-малка от $O(n!)$.

Ако търговския пътник трябва да обиколи 20 града ($n = 20$, $20! \approx 2.10^{18}$) и ние разполагаме с компютър, изпълняващ една елементарна операция за 10^{-8} секунди, необходимото за програмата време е:

$$t = \frac{2.10^{18}}{10^8 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365} \approx 700 \text{ години}$$

Традиционните методи за решаване на този и други подобни проблеми могат да се определят като:

- Точни методи и подобрените им варианти – работят при малка размерност на задачата
- Евристични методи – намират вероятно добри решения, без да могат да докажат, че са оптимални
- Методи за решаване на варианти на задачата на търговския пътник – също предимно евристични методи

Съвременните евристични алгоритми са в състояние за разумно време да намерят добри решения, за които може да се докаже с голяма вероятност, че са с отклонение 2-3% от глобалния екстремум. Задачата на търговския пътник често е критерий за качествата на различни алгоритми: симулирано закаляване, табу търсене, колонии от мравки, генетични алгоритми.

1.2.3 Генетични алгоритми за решаване на задачата на търговския пътник

Генетичните алгоритми (ГА) са стохастичен метод за глобално търсене и оптимизация, който имитира еволюцията на живите индивиди, описана от Чарлз Дарвин в “За произхода на видовете и значението на естественият подбор” [10].

В еволюционните алгоритми се използват трите основни принципа на естествената еволюция, описани от Дарвин: репродукция, естествен подбор и

разнообразие на индивидите, поддържано чрез разликите на Всички живи организми се състоят от клетки. Във всяка клетка има еднакво множество от хромозоми. Хромозомите са низове от ДНК и служат като модел на целия организъм. Хромозомите се състоят от гени, блокове на ДНК. Всеки ген кодира конкретен протеин. Основно може да се каже, че всеки ден кодира белег, примерно цвят на очите. Възможните комбинации за белега (т.е. синьо, кафяво) се наричат алели. Всеки ген има своя позиция в хромозомата. Тази позиция се нарича място.

Пълното множество от генетичен материал (всички хромозоми) се нарича геном. Част от множеството гени в генома се нарича генотип. Генотипа е това което се развива след вродения в организма фенотип, това са физически и душевни характеристики, точно както цвят на очите, интелигентност и т.н. всяко поколение с предишното.

Кодирането на хромозомите е един от проблемите при решаването на проблеми с GA.

- **Двоично кодиране**

Двоичното кодиране основно, тъй като първите GA са използвали този начин на кодиране.

При двоичното кодиране всяка хромозома е низ от **битове, 0** или **1**.

| | |
|---------------|------------------------------|
| Хромозом А | 1011001011001010111 00101 |
| Хромозом В | 1111111000001100000 11111 |

Пример за хромозоми с двоично кодиране

Двоичното кодиране дава голям брой възможни хромозоми дори с малък брой алели. От друга страна, това кодиране често не е естествено за много проблеми и понякога трябва да се правят корекции след кръстосването и/или мутацията. Такова кръстосване се използва при проблема с раницата.

- **Кодиране на Пермутации**

Кодирането на пермутации може да бъде използвано в проблеми с изброяване, като решаване на проблема на търговския пътник или задачата за подредба на поръчки.

При кодиране на пермутации, всяка хромозома е низ от числа, които представят номера в поредица.

| | |
|-------------|-------------------|
| Хромозома А | 1 5 3 2 6 4 7 9 8 |
| Хромозома В | 8 5 6 7 2 3 1 4 9 |

Пример за хромозоми с кодиране на пермутации

При този проблем за някои типове кръстосване и мутация трябва да се направят корекции за да остане хромозомата плътна (т.е. да има реална последователност в нея).

- **Кодиране по Стойност**

Директното кодиране по стойност може да бъде използвано в проблеми, където се използват някои усложнение стойности, като реални числа. Използването на двоично кодиране при този вид проблеми би било твърде сложно.

При кодиране по стойност, всяка хромозома е низ от някакви стойности. Стойностите могат да бъдат всякакви .

| | |
|-------------|--|
| Хромозома А | 1.2324 5.3243 0.4556 2.3293 2.4545 |
| Хромозома В | ABDJEIFJDHDIERJFDLDFLFEGT |
| Хромозома С | (back), (back), (right), (forward), (left) |

Пример за хромозома с кодиране по стойност

Кодирането по стойност е много добро за някои специализирани проблеми, като намиране на теглата на невронни мрежи. От друга страна, за това кодиране често се налага развиване на различно кръстосване и мутация, специфични за проблема.

Кръстосването при този вид кодиране е лесно, като всички кръстосвания от двоично кодиране може да бъдат използвани

Мутацията при този вид кодиране става чрез добавяне на малки числа (за кодиране на реални стойности) - към избраната стойност се добавя (или изважда) малко число:

(1.29 5.68 **2.86 4.11** 5.55) => (1.29 5.68 **2.73 4.22** 5.55)

- **Кодиране в Дърво**

Кодиране в дърво се използва главно динамични програми или изрази, за генетично програмиране.

Кодирането в дърво е добро за разширяващи се програми. Програмния език LISP е често използван за това, защото програмите на него са представени в тази форма и може лесно да се представят като дърво, така кръстосването и мутацията могат да се извършат относително лесно.

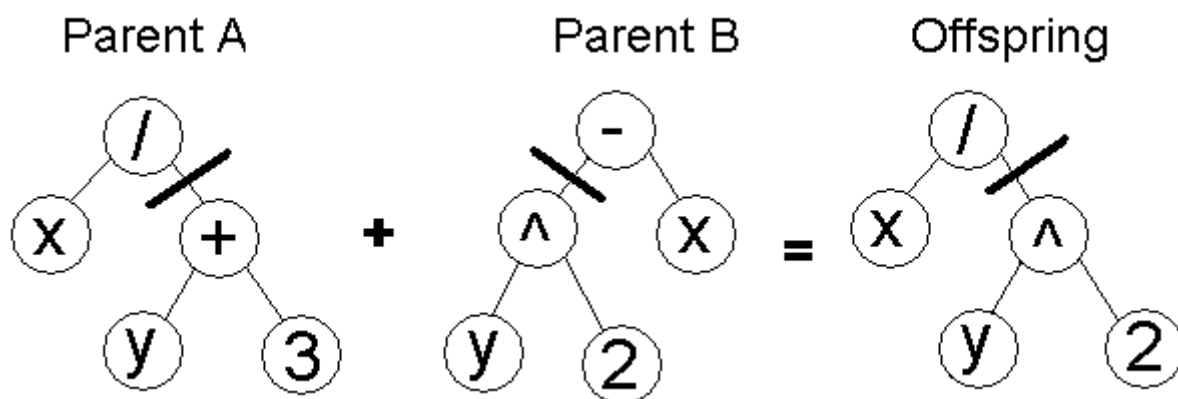
При кодиране в дърво всяка хромозома е част от някакъв обект, като функция или команда в програмен език.

| Хромозома А | Хромозома В |
|-----------------|-------------------------|
| | |
| $(+ x (/ 5 y))$ | $(do_until step wall)$ |

Пример за хромозома с кодиране в дърво

Такъв вид кодиране се използва при решаване на проблем с намиране на функция по зададени стойности.

Кръстосване на дърво - в двата родителя се избира една точка на кръстосване, родителите се разделят в тази точка на кръстосване и си разменят частта под точката за кръстосване за да представят новото потомство



Мутацията при този тип кодиране, става чрез смяна номерата на операция - избраните възли се сменят.

Гените от своя страна могат да бъдат кодирани като булеви, целочислени, с плаваща запетая и стрингови променливи, както и всяка тяхна комбинация.

| | |
|-----------------|-----------------------|
| булев | [1 1 0 1 0 0 0 1 0] |
| целочислен | [5 73 12 -3 5 104] |
| плаваща запетая | [5.14 7.21 301.008] |
| стрингова | [BR AGS tFg K] |
| комбинация | [17 -24.12 AG 0] |

Множеството от различни хромозоми (индивиди) съставят текущото поколение. Чрез еволюционни операции, като селекция, рекомбинация и мутация, се достига до следващото поколение.

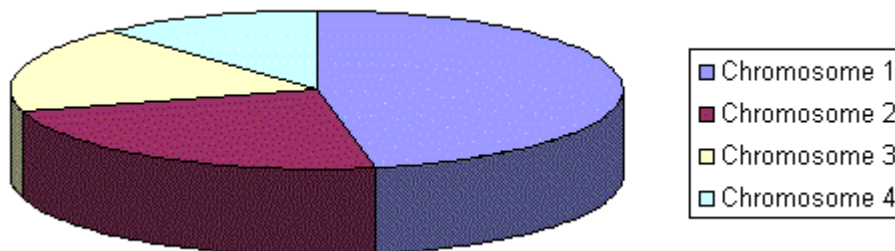
- **Селекция**

В природата селекцията на индивиди се извършва чрез естествения подбор. Колкото по-приспособен е даден индивид към заобикалящата среда, толкова по-голям е шансът му да оцелее и да създаде потомство, като по този начин предаде генетичната си информация на следващото поколение. При еволюционните алгоритми селекцията на най-добрите индивиди става въз основа на функция на приспособимост (целева функция), даващи оценка на конкретният индивид.

В този случай хромозомите се избират от популацията за кръстосване. Проблемата е в това как да бъдат подбрани хромозомите за кръстосване. Съгласно еволюционната теория на Дарвин най-добрите трябва да оцелеят и да създадат ново потомство. Има много методи за избор на най-добрите хромозоми, като селекция по кръгова рулетка, селекция на Boltzman, състезателна селекция, селекция по ранг, селекция на устойчивите състояния и други.

⇒ Селекция по Кръгова Рулетка. Родителите се избират според тяхната жизнеспособност. Колкото по-добри са хромозомите, толкова по-добър шанс имат да бъдат избрани. Под формата на колело на рулетка са поставени всички хромозоми от популацията, всеки има собствено място

с големина съответна на функцията му за жизнеспособност, както на следната фигура.



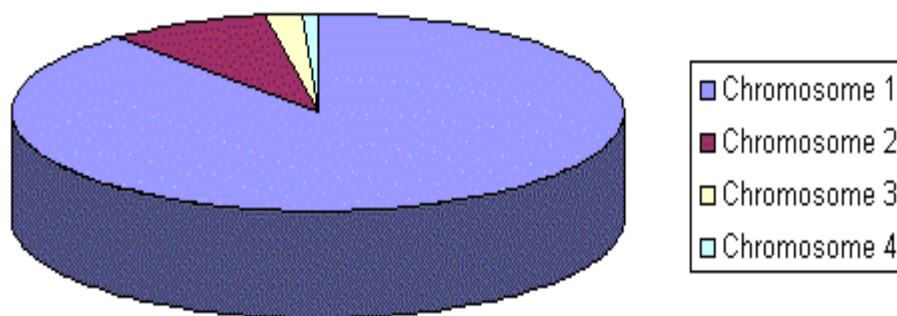
Хромозома с по-голяма жизнеспособност ще бъде избрана повече пъти.

⇒ Селекция по Ранг

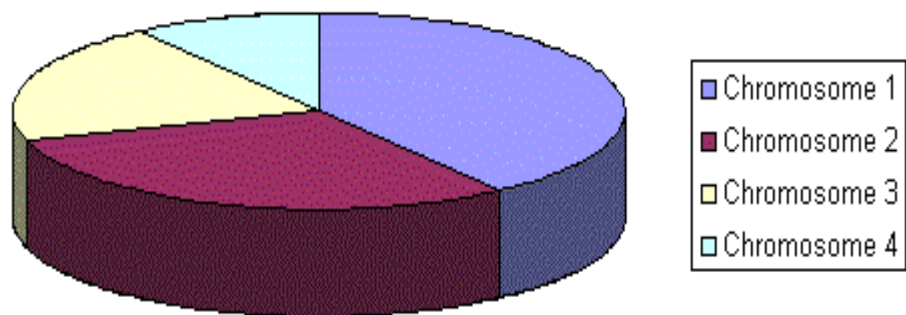
Предидущия метод за селекция ще има проблем когато жизнеспособността се различава много. Примерно, ако жизнеспособността на най-добрата хромозома е 90% от цялата кръгова рулетка тогава останалите хромозоми ще имат много малки шансове да бъдат избрани.

Селекцията по ранг първо подрежда популацията и тогава всяка хромозома получава жизнеспособност спрямо тази подредба. Най-лошата ще има жизнеспособност 1 , втората 2 т.н. и най-добрата ще има жизнеспособност N (броя на хромозомите в популацията).

На следващата фигура може да се види, как се променя ситуацията след промяна жизнеспособността при пореден номер.



Ситуацията преди подредбата (графика на жизнеспособност)



Ситуацията след подредбата (графика на поредните номера)

Всички хромозомите имат шанс да бъдат избрани, но този метод може да доведе до много бавна сходимост, защото най-добрите хромозоми не се различават толкова много от останалите.

⇒ Селекция на Устойчивите състояния

Това не е особен метод за избор на родители. Основната идея на тази селекция е, че голяма част от хромозомите би трябвало да оцелеят до следващото поколение.

Във всяко поколение се избират няколко (добри - с висока жизнеспособност) хромозоми за създаването на новото потомство. След това няколко (лоши - с ниска жизнеспособност) хромозоми се премахват и новото потомство се поставя на тяхно място. Останалата част от популацията оцелява и в новото поколение.

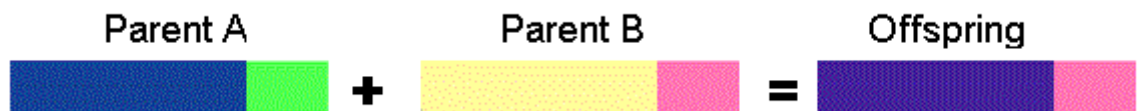
⇒ Прехвърляне

Когато се създава нова популация чрез кръстосване и мутация, има голям шанс, да бъде изгубена най-добрата хромозома. Прехвърлянето е метод, който първо копира най-добрата хромозома (или няколко най-добри хромозоми) в новата популация. Останалите се формират по класическия начин. Прехвърлянето може много бързо да увеличи изпълнението на GA, защото предпазва загубата на най-доброто открито решение.

- **Рекомбинация (кръстосване)**

При нея гените от родителите формират по някакъв начин изцяло нова хромозома.

⇒ Единична точка на кръстосване при двоично кодиране - избира се една точка на кръстосване, двоичния низ от началото на хромозомата до точката на кръстосване е копие от единия родител, останалата е копие от втория родител



$$11001011 + 11011111 = 11001111$$

⇒ Кръстосване в две точки при двоично кодиране - избирате се две точки на кръстосване, двоичния низ от началото на хромозомата до първата точка на кръстосване е копие от първия родител, частта от първата точка на кръстосване до втората точка на кръстосване е копие от втория родител и останалото е копие от първия родител



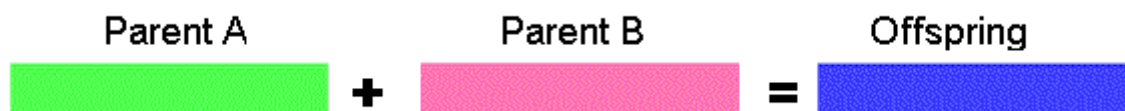
$$11001011 + 11011111 = 11011111$$

⇒ Еднородно кръстосване при двоично кодиране - битове произволно се копират от първия и от втория родител



$$11001011 + 11011101 = 11011111$$

⇒ Аритметично кръстосване при двоично кодиране - някоя аритметична операция се извършва за получаване на новото потомство



$$11001011 + 11011111 = 11001001 \text{ (AND)}$$

⇒ Кръстосване в една точка при Кодирание на Пермутации - избира се една точка на кръстосване, до тази точка пермутацията се копира от първия родител, след това втория родител се сканира и ако номерата все още не са в потомството се добавят

$$(1\ 2\ 3\ 4\ 5\ 6\ 7\ 8\ 9) + (4\ 5\ 3\ 6\ 8\ 9\ 7\ 2\ 1) = (1\ 2\ 3\ 4\ 5\ 6\ 8\ 9\ 7)$$

- **Мутация**

Новосъздаденото чрез селекция и кръстосване потомство след това може да бъде подложено на мутация. Мутация означава, че елементи от ДНК се променят. Тези промени са породени главно от грешки при копирането на гените от родителите. В термините на генетичните алгоритми мутация означава произволна промяна на стойността на ген в поколението. Хромозомата, чиито ген ще бъде променен, и мястото на гена също се избират послучаен принцип. Целта е избягване попадането на алгоритъма в локален екстремум. За двоично кодиране може да се "преобърнат" няколко случайно избрани бита от 1 в 0 или от 0 в 1. Мутацията тогава може да бъде следната:

| | | |
|------------------------|-----------------------|---|
| Оригинално поколение 1 | 110 111000011110 | 1 |
| Оригинално поколение 2 | 110110 1001101 1 0 | 0 |
| Мутирало поколение 1 | 110 111000011110 | 0 |

| | | |
|-------------|---------|-----|
| Мутирало | 110110 | 1 |
| поколение 2 | 1001101 | 1 0 |

Мутацията зависи от кодирането толкова силно колкото и кръстосването.

- **Вероятност за Кръстосване и Мутация**

Има два основни параметъра на GA - вероятност за кръстосване и вероятност за мутация:

Вероятност за кръстосване показва колко често ще се извършва кръстосване. Ако няма кръстосване, поколението е точно копие на родителите. Ако има кръстосване, поколението е направено от части на родителските хромозоми. Ако вероятността за кръстосване е **100%**, тогава цялото поколение ще бъде направено чрез кръстосване. Ако е **0%**, цялото ново поколение ще бъде направено от точно копие на хромозомите от старата популация. Кръстосването се извършва с надеждата, че новите хромозоми ще имат добри части от старите хромозоми и новите хромозоми ще бъдат по-добри, като най-добрата хромозома от последната популация трябва да оцелее в следващото поколение.

Вероятност за мутация означава колко често части от хромозомата ще мутират. Ако няма мутация, поколението се взема след кръстосване (или копиране) без никакви промени. Ако е извършена мутация, част от хромозомата е била променена. Ако вероятността за мутация е **100%**, цялата хромозома е била променена, ако е **0%**, нищо не е било променено. Мутацията е въведена за предпазване GA от попадане в локален екстремум, но не трябва да се появява твърде често, защото тогава GA в действителност ще се промени в **произволно търсене**.

Друг важен параметър в GA е размера на популацията.

Размер на популацията означава колко хромозоми се включват в популацията (в едно поколение). Ако има твърде малко хромозоми, GA ще има малки възможности за извършване на кръстосване и само малка част от пространството на търсене ще се изследва. От друга страна, ако хромозомите са

твърде много, GA ще бъде прекалено бавен. Изследванията показват ,че след някакъв лимит , зависещ главно от кодирането и проблема не е изгодно да се увеличава размера на популацията.

Реализация на генетичен алгоритъм за решаване на задачата на търговския пътник

При проблема за търговския пътник (TSP) са дадени са градове и разстоянията между тях. Търговския пътник трябва да ги посети всичките, но без да пътува твърде много. Задачата е да се намери последователност от градове, така че да се намали разстоянието за пътуване. С други думи, намиране на минимален Хамилтонов път пълен граф с N възли.

Използва се популация от 16 хромозома. За кодиране на тези хромосоми се използва кодиране на пермутации. Хромозомата означава подредбата на градовете, по която търговеца ще ги посети.

TSP е разрешен в пълен граф (т.е. всеки възел е свързан с всички останали) с дълги за разстоянието. Съществено е че след добавяне или изтриване на град е необходимо да се създадат нови хромозими и рестартира целия генетичен алгоритъм.

След това трябва да се избере типа на кръстосване и мутация.

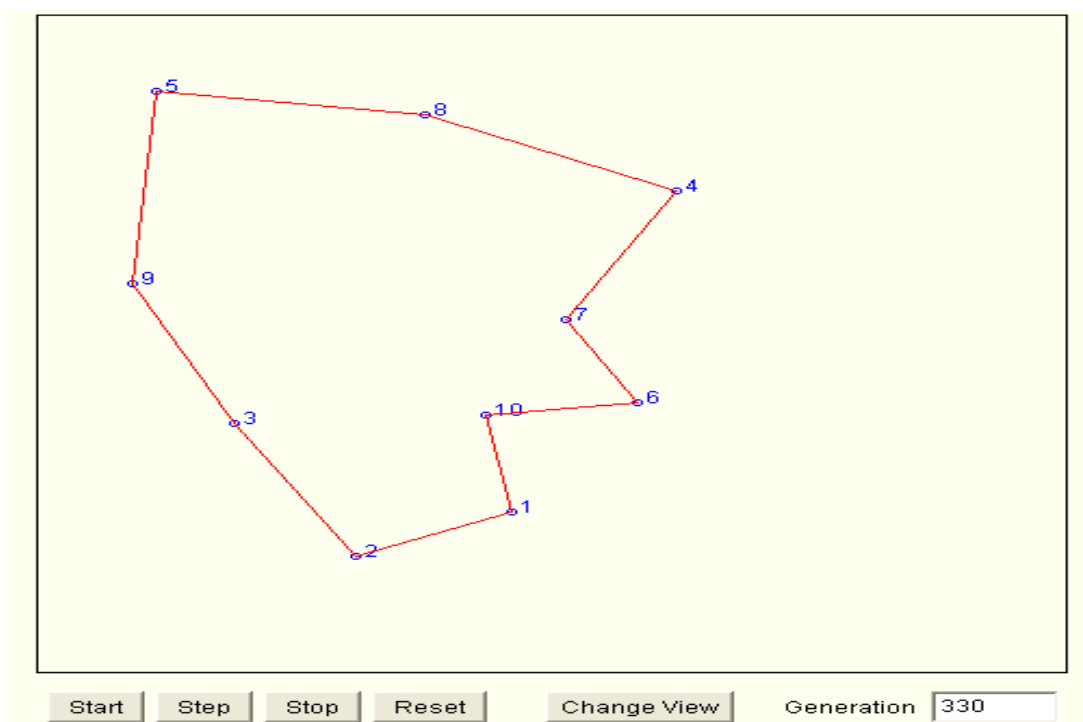
Кръстосване

- Една точка - копира се част от първата хромозома и останалото се взема в същата последователност каквато е във втория родител
- Две точки - две части от първия родител се копират, а останалото по между им се взема в същата последователност каквато е във втория родител
- Без - няма кръстосване, потомството е точно копие на родителите

Мутация

- Обикновена случайна - няколко градове се избират и разменят
- Случайна, само подобряваща - няколко града се избират и разменят по случаен принцип, само ако подобряват решението (повишават жизнеспособността)
- Систематизирана, само подобряваща - градовете се избират и разменят систематично само ако подобряват решението (повишават жизнеспособността)
- Случайна подобряваща - същото както "случайна, само подобряваща", но преди това се извършва "случайна, нормална" мутация
- Систематизирана подобряваща - същото както "систематизирана, само подобряваща", но преди това се извършва "случайна, нормална" мутация
- Без - няма мутация

Следния апелт показва GA за TSP. Бутонa "Change View" сменя изгледа от цялата популация към най-доброто решение и обратното. Може да се добавят и премахват градове на графиката. След добавяне или изтриване произволно трасе ще се появи защото се създава нова популация с нови хромозоми. Също се отбелязва че се решава TSP в пълен граф. При стартиране на GA с различно кръстосване и мутация, изпълнението на GA и скоростта се променят.



ВТОРА ГЛАВА

2. ТЕХНОЛОГИЯ НА ВАЛЦУВАНЕ И ПЛАНИРАНЕ НА ПРОИЗВОДСТВОТО НА СТАН 1700 ГВ

“Кремиковци” АД е водещ производител на стомана в България, който присъства на националния и световните пазари повече от 50 години. Фирмата произвежда широка гама продукти, включително дебелолостова ламарина, сортов прокат, стоманени сфери и специални профили, както и полуготови продукти (блуми, сляби и кнүпели).

"Кремиковци" АД е проектиран и оборудван с агрегати, съоръжения и технология за пълен металургичен цикъл - от добива на желязна руда до готова продукция. Железорудните суровини се преработват чрез агломериране в агломашини. След това шихтата (смес от агломерат, кокс, въглища и други) постъпва в доменните пещи за добив на чугун. Всяка пещ е оборудвана със

съоръжения за транспортиране, дозиране и зареждане на суровините, както и за очистка на газовете от процеса.

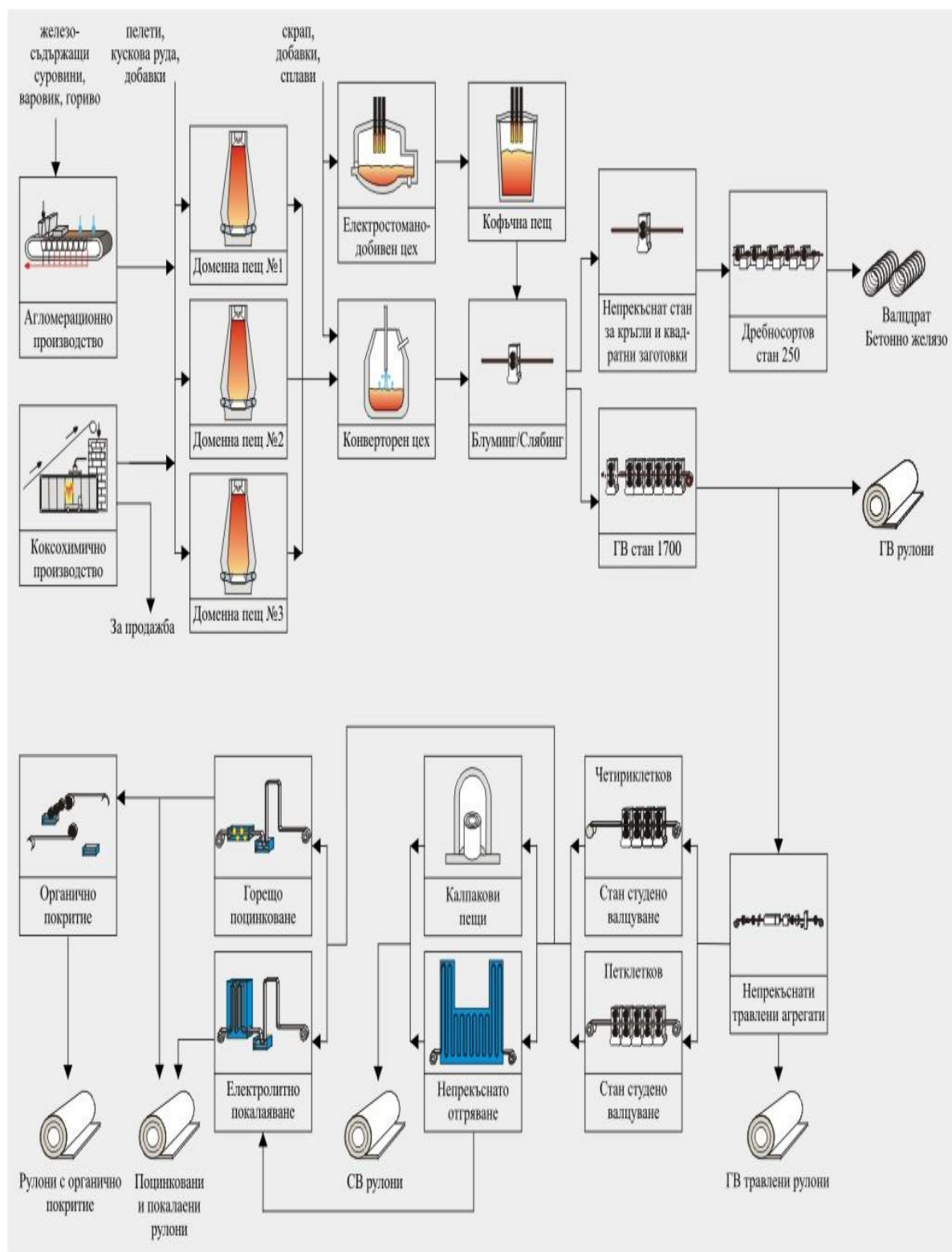
Производството на стомана в комбината се извършва по два способа - чрез конвертиране в конвертори с горно продухване и чрез електропечи. Стоманодобивното производство разполага още с инсталации за извънпещна обработка - подгряване, легиране, рафиниране, обработка с инертни газове, както и за вакуумиране. Разливането на стоманата е блоково. Използват се слябови машини за непрекъснато леење на стомана.

Прокатната част на комбината разполага с реверсивен стан 1250, където блоковете се обработват до блуми и сляби, листов стан 1700 за горещовалцувана ламарина, както и със дребносортов стан 250 за бетонно желязо.

Производството на студеновалцувани продукти се осъществява на непрекъснати прокатни станове 1200 и 1700. Тази ламарина преминава и на термична обработка в калпакови пещи и на агрегат за непрекъснато отгряване.

"Кремиковци" разполага още с агрегати за поцинковане на ламарина, за покаляване и за нанасяне на пластмасови покрития. Тези линии имат капацитет да произвеждат и профилирани изделия.

Фиг.1 обобщава основния производствения цикъл в стоманодобивното предприятие „Кремиковци“ АД.



Фиг.1 Технологична схема на основния производствения цикъл в стоманодобивното предприятие „Кремиковци” АД.

2.1. Асортимент

Стан „1700” ГВ може да произвежда горещо валцувани ленти, намотани на рула с геометрични размери маса, посочени в таблица 1 от стомани с якост на опън до 100 кг/мм^2 [8]

| № | Показател | Мярка | Стойност | |
|---|-------------------|----------|-----------|------------|
| | | | Минимална | Максимална |
| 1 | Дебелина | mm | 1,5 | 12,0 |
| 2 | Широчина | mm | 750 | 1524 |
| 3 | Маса | t | 5 | 16,0 |
| 4 | Относителна маса | t/1 м.ш. | - | 13,4 |
| 5 | Външен диаметър | mm | - | 1900 |
| 6 | Вътрешен диаметър | mm | - | 850 |

На стан „1700” ГВ се произвеждат горещо валцувани рулони от марки стомани със съответните дебелини и максимално допустима широчина в табл. 2:

| № | Група Марки стомани | Дебелина , mm | Максимална широчина, mm |
|-----|-------------------------|------------------|----------------------------|
| 1. | ВЪГЛЕРОДНИ СТОМАНИ | | |
| 1.1 | Със съдържание на С до | 1,5÷2,75 | 1250 |
| 1.2 | 0,25% | Над 3,0 | 1524 |
| 1.3 | | 1,5÷2,5 | 1100 |
| 1.4 | Със съдържание на С над | 3,0÷5,0 | 1400 |
| 1.5 | 0,25% | Над 5,0 | 1524 |

| № | Група Марки стомани | Дебелина , mm | Максимална широчина, mm |
|-----|--------------------------------|------------------|----------------------------|
| 2. | НИСКОЛЕГИРАНИ От типа 09Г2 | | |
| 2.1 | | 1,5÷2,3 | 1050 |
| 2.2 | | 2,5÷2,75 | 1100 |
| 2.3 | | 3,0÷3,75 | 1500 |
| 2.4 | | Над 4,0 | 1500 |
| 3. | НИСКОЛЕГИРАНИ МИКРОЛЕГИРАНИ | | |
| 3.1 | | 1,5÷2,3 | 1050 |
| 3.2 | | 2,5÷2,75 | 1050 |
| 3.3 | | 3,0÷3,75 | 1250 |
| 3.4 | | Над 4,0 | 1500 |

Максималната маса на рулото се ограничава от конструктивните възможности на оборудването в участък нагревателни пещи и линията на стана, от разстоянията между агрегатите в черновата група, от дължината на междинния ролков път и максималния диаметър на рулото допустим в намотките.

Максималната маса на рулото отнесена към 1м широчина на лентата 2 13,4 т/м. Максимално допустимата абсолютна маса е 16 т.

2.2. Преддеформационно нагряване на метала

Преддеформационното нагряване на метала включва приемане, претегляне, зареждане на метала в нагревателните пещи, температурен режим за нагряване и подаване на нагретия метал.

1. Характеристика на нагревателните пещи:

Пещите са методични, рекуперативни, петзонни с двустранен нагряване и с челно посаждане и изваждане на метала.

Ред на посаждане на слябите в пещите:

- За посаждане в нагревателните пещи слябите се подават поплавъчно в съответствие с графика за валцуване;
- Във графика за валцуване се записват марката стомана, направлението и поръчката, размера на слябите и размера на лентата, като в заданието на конкретните плавки се отбелязват още изискванията по геометрия, въглероден еквивалент, час на посаждане на плавките в пещите, тип посад – студен или горещ.
- Чрез изтласквач слябите от склада се придвижват върху ролганг и транспортират до хибридна везна;
- Подаването на метала е дъното напред към стана;
- При посаждане на слябите системно се проверяват размерите им;
- Посаждането на слябите в пещите трябва да се провежда така, че краищата им да лягат на крайните глисажни тръби, които стърчат най-малко на 250 мм, а разстоянието между стените на пещта и краищата на слябите да не бъде по-малко от 400 мм;
- При двуредно посаждане, разстоянието между редовете не трябва да бъде по-малко от 300 мм;
- В зависимост от дължината на слябите, посаждането в пещите се осъществява по следния начин:
 - За сляби от 7000 мм до 7900 мм – едноредно зареждане;
 - За сляби от 5400 мм до 7000 мм – шахматно зареждане;
 - За сляби от 3000 мм до 3900 мм – двуредно зареждане;
- Разликата в дебелините на слябите на две съседни плавки не трябва да превишава 25 мм;
- При зареждане на метала в пещите се забранява: разкъсване на плавките, зареждане на сляби без сертификат за качество, без ясна маркировка и неотговарящи на стандартизационните документи;

Нагриване на слябите в методичните пещи.

В методичните пещи металът се нагрива до температура $1200^{\circ}\text{C} \div 1250^{\circ}\text{C}$ в зависимост от групата марки стомани, дебелината на лентата и от температурния режим на валцуване.

Режимите на нагриване на слябите в зависимост от групата марки стомани са регламентирани в таблицата:

| Групи стомани | Зони на пещите и температурните граници, T °C | | | | |
|---|--|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | I Зона | II Зона | III Зона | IV Зона | V Зона |
| I групи Кипящи и полуспокойни с въглерод по-малко от 0.27 % | 1280 - 1320 | 1120 — 1180 | 1340 — 1360 | 1140 — 1200 | 1280 — 1300 |
| II Група Спокойни с въглерод по-малко от 0.27 % | 1200 — 1250 | 1100 — 1150 | 1340 — 1360 | 1140 — 1200 | 1280 — 1300 |
| III Група Спокойни с въглерод над 0.27% , Нисколегирани и легирани | 1150 — 1200 | 1050 - 1100 | 1300 — 1350 | 1140 — 1200 | 1260 - 1280 |

Топлинния и температурен режим в пещите се регулира в съответствие с темпа на валцуване и групите марки стомани и трябва да осигури равномерно нагрят метал по дължина.

Изваждането на нагретите сляби:

- Изваждането на слябите от пещите и предаването им за валцуване трябва да се осъществява строго поплавъчно в съответствие с със схемата за зареждане, необходимото време за нагриване и при спазването на указанията в дадената по-горе таблица за температурни зони на пещта.
- Изваждането на метала от пещите и подаването му за валцуване се извършва последователно и равномерно от всяка пещ с постоянен темп.
- При изваждането на метала не се допуска разкъсването на плавката;
- Забранява се подаването на нова плавка ако не е завършено подаването на предшестващата;

2.3. Технология на валцуването

2.3.1 Ред на валцуване

Нагретите до зададената температура сляби се изваждат от пещите на приемния ролганг и се подават на черновата група. В първата клетка на стана – вертикалният обгаротрошач (ВО) се извършва деформация на тясната страна на слябите. Във ВО се калибрират слябите по ширина и се разрушава пещния нагара на повърхността им. Разрушаването на пещния обгар се извършва и във втората клетка – хоризонтален обгаротрошач (ХО), където работните повърхности на валците са цилиндри. Последващото отделяне на обгара се извършва след излизане на предния край на слябата съответно от ВО и ХО, чрез хидроснематели високо налягане.

След първоначалната деформация на слябата по широката им страна в ХО, полуфабрикатът продължава да се деформира на 5 или 7 прехода в кватро-клетката на УК до дебелина, подходяща за чистова група, деформацията на полуфабриката е едновременно по тясната и широка страна.

Пред чистовата група клетки на летящата ножица с шевронен рез се обрязва предния, и с прав рез задния край на полуфабриката, като снемането на въздушния обгар се осъществява със сдвоен хидроснемател високо налягане след чистовия обгаротрошач хоризонтален (ЧОХ).

Режима на деформация трябва да се следи, като се следят натоварването на клетките и скоростта на валцуване на метала, а така също и температурата на валцуване и охлаждане на лентата, както и геометричните ѝ размери.

Осигуряването на необходимата температура на края на валцуване се постига, чрез спазване на режимите на нагриване на метала в пещта, изменение на скоростта на валцуване на лентата и дебелината на полуфабриката за чистовата група (ЧГ), като темпа на ускорение на чистовите клетки се избира от условието за равномерно разпределение на температурата и дебелината на лентата по дължината им.

2.3.2 Установяване на технологични параметри

Настройката на работните валци на стана при стартиране на работен режим се извършва с профиломер от нисковъглеродна стомана, като се отчита и коригира разликата в нажимните винтове на валовете.

Скоростно - деформационните режими на валцуване в черновата група за настроечния профил са:

| Клетка | № Проход | H1, mm | H2, mm | B1, mm | B2, mm | Vзахв., m/s | Vмакс., m/s | Vизхв., m/s |
|----------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|----------------|----------------|
| ВО | 1 | 160 | 160 | 1040 | 1000 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| ХО | 1 | 160 | 135 | 1000 | - | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| УК ВВ | 1В | 135 | 135 | - | 1000 | 1,0 | 2,0 | 1,0 |
| ХВ | 1Х | 135 | Ч05 | 1000 | - | 1,0 | 2,0 | 1,0 |
| ХВ | 2Х | 105 | 80 | - | - | 1,0 | 2,0 | 1,0 |
| ВВ | 3В | 80 | 80 | - | 985 | 1,0 | 3,0 | 1,0 |
| ХВ | 3Х | 80 | 60 | 985 | - | 1,0 | 3,0 | 1,0 |
| ХВ | 4Х | 60 | 40 | - | - | 1,0 | 3,0 | 1,0 |
| ВВ | 5В | 40 | 40 | - | 1000 | 1,0 | 3,5 | 1,0 |
| ХВ | 5Х | 40 | 28 | 1000 | - | 1,0 | 3,5 | 1,0 |

Сърповидните и студени, тези със завалцуван обгар, с напречни разкъсвания, с местно охлаждане, със завалцовани странични предмети, с големи газови мехури и големи отклонения по ширина се изтласкват от междинния ролганг за ползване на дебел лист.

При задаване на напречен профил в чистовата група се въвеждат задания за геометрията на ГВ лентата, диаметрите на работните валци и големината на светлия отвор между тях по клетки, опъна между клетките, температурите на валцуване, ускорението и избор на момент за начало на ускорението в ЧГ, както и коефициенти за допълнителна деформация в краищата.

2.3.3 Охлаждане на ГВ лента

Необходимо условие за охлаждането на ГВ лентата на отводящия ролганг на стан „1700 ГВ” е работещите две в помпена станция за наличието на достатъчно вода за охлаждане и осигурена работа на долните и горните клетки. Охлаждането се провежда задължително с горни и долни колектори едновременно, като се използва максимален брой колектори за достигането на необходимите температури на намотаване в зависимост от макропрофил размера на ГВ лентата.

2.4. Фабрикация и изготвяне на график за валцуване

Слябите пристигащи от предишна преработка се приемат поплавъчно на база на марката стомана от която са направени, размерът им, броя на слябите, общото им тегло, химичен състав и въглероден еквивалент.

Основните изисквания към слябите са:

- Дебелина, мм - от 150 до 220
- Ширина, мм – от 800 до 1550
- Дължина, мм – от 5400 до 7900
- от 3000 до 3900 (за къси сляби)
- Маса, т – от 7 до 16
- Относителна маса, т/1 м ширина – до 13,4

За да се изключат случаите на повдигане (издуване) на слябите при тласкането им през пещта, дебелината на слябите трябва да бъде не по-малка от 145 мм.

Размерите на слябите се определят в зависимост от дебелината, ширината и изискванията за гарантирано тегло на рулоните, като се имат в предвид основните изисквания към произвежданата продукция.

Графикът за валцуване [8] на стан „1700” ГВ се съставя в зависимост от:

- Наличие на сляби в склада имащи направление за реализация на продукцията и съответстващи на изискванията за получаване на качествена продукция по тези поръчки;
- Състояние на оборудването на стана;
- Технологични ограничения поставяни от технологичните спецификации на предвидения за валцуване метал и характера и степента на износване на работните валци в честовата група;
- Оперативния план за поръчките;
- Приоритетите на фирмата;

Графикът на валцуване трябва да бъде така съставен, че да бъдат използвани до максимум възможностите на работните валци за производството на качествена продукция.

Сумарната дължина на провалцуваната лента за един монтаж на работните валци на честова група на трябва да надхвърля 100-120 км. Това означава, че сумарната маса на слябите включени в един график (кампания) следва да бъде:

- При валцуване на тънки и тесни профили - 1800÷2200 тона.
- При валцуване на средни профили - 2500÷3200 тона.
- При валцуване на широки профили – 5000÷7000 тона

В зависимост от изискванията по отношение на температурата на нагриване на метала, напречния профил на лентата и ограниченията свързани с прехода от един профил към друг, асортимента на Стан „1700” ГВ се групира в тип кампания.

При съставяне на графика трябва да се наблюдават следните правила:

- Във началото на всяка кампания се задават от 6 до 10 броя сляби, предназначени за валцуване на така нареченият „настроечен профил”;
- Общият принцип за съставяне на графика е постепенно преминаване от по-широки към по-тесни ленти и от по-тънки към по-дебели профили;
- В границите на един профил първо се задава метала от по-меки групи стомани (с по-малко съпротивление срещу деформации), а след това към по-твърди стомани;
- При настройка по ширина на ГВ лентата не трябва да превишава 200 мм;
- Не се препоръчват едновременно пренастройка по дебелина, ширина и марка стомана;
- При пренастройка по дебелина да се съблюдава следното:
 - За дебелина над 4 мм се разрешава преход от 2 мм;
 - За дебелини от 2 мм до 4 мм не повече от 1 мм;
 - За дебелини под 2 мм не повече от 0,2 мм;

ТРЕТА ГЛАВА

3. ГЕНЕТИЧЕН АЛГОРИТЪМ ЗА ПЛАНИРАНЕ НА ПРОИЗВОДСТВОТО

На базата на литературния анализ и достъпната техническа документация в дейностите по планиране на производството, които се поддават на компютризация можем да разграничим две основни задачи. Първата е свързана с поръчките, които трябва да се включат в програмата за валцуване - задача за подбор (селекция) и втората – с последователността, която трябва да се определи за изпълнение на избраните поръчки. Задачата за подбор е известна като задача за “раницата” и тя би могла да се решава самостоятелно. В дипломната работа е поставена и решена при определени условия втората задача – за определяне на последователност, разгледана като вариант на асиметричната задача на търговския пътник.

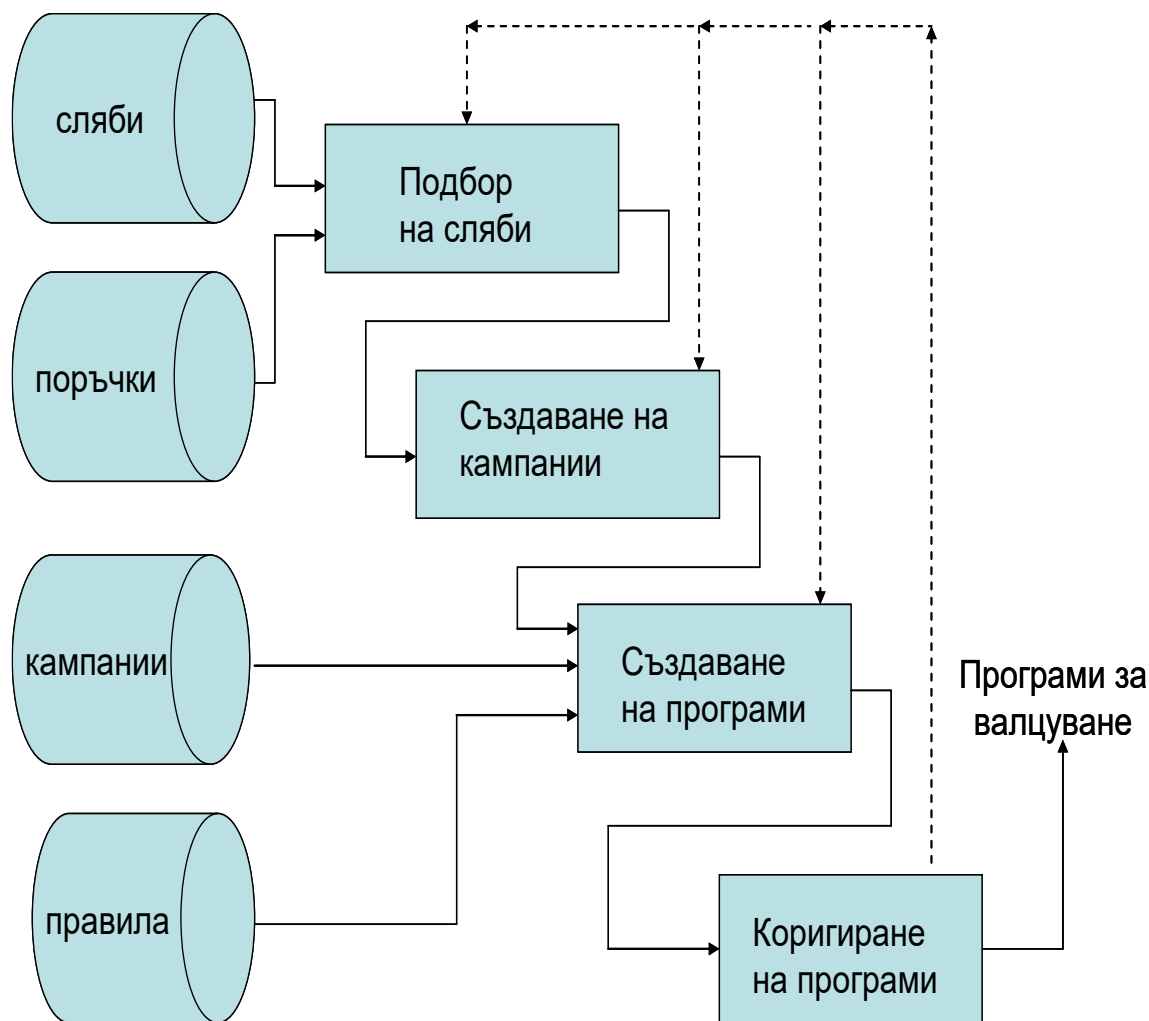
В дипломната работа е използван вариант на генетичен алгоритъм за създаване на кампании за валцуване в рамките на една производствена програма. Задачата, която се решава е задача за намиране на оптимална последователност в рамките на еднородна по химичен състав кампания. Изискванията на технологията са изключително строги по отношение на подреждане на тесни след широки сляби за избягване на петната, които нагорещените валци оставят върху лентата. От важно значение е и съставянето на кампании, в които отклоненията в крайните размери (основно дебелина) на валцувания лист са малки. Настройките, които се правят в честовата група трябва плавно да позволяват преминаване от един към друг краен размер. Подреждането на слябите в рамките на една кампания изисква съседните сляби да се характеризират с близки по стойност широчини, а рулоните получавани от тях – с близки крайни дебелини.

Допусканията, които са направени на този етап от работата са:

- задачата за селекция е решена – за поръчките, които се включват в разглежданата кампания са избрани подходящи сляби;
- всички сляби се включват в кампанията;

- технологичните ограничения, свързани с износването на валците (дължина на кампанията) са отчетени при селекцията.

В рамките на система за подпомагане вземането на решения при планиране и управление на производството [1], мястото на предлагания алгоритъм в блок „Създаване на кампаний“ в представената на фиг.3.1 обобщена схема.



фигура 2 Оптимално планиране на производството в завод за горещо валцуване (според [1])

В дипломната работа задачата се разглежда като вариант на класическата задача на търговския пътник. Оптималната последователност на слябите в кампанията осигурява екстремум на целевата функция.

Разглежда се ориентиран граф $G = (N, P)$, където N е броя на възлите, P – дъгите между тях. Всеки възел представлява рулон или съответната му сляба в кампанията. Всяка дъга свързва две сляби. Дъгата P_{ij} представлява наказателна функция за скоковете в широчина и краен размер, която се налага при подреждането на сляба j след сляба i .

$$P_{ij} = \begin{cases} \frac{\alpha(W_i - W_j)^2 + \beta(G_i - G_j)^2}{G_i}, & \text{ako } W_i \geq W_j \\ \frac{\gamma(W_i - W_j)^2 + \beta(G_i - G_j)^2}{G_i}, & \text{ako } W_i < W_j \end{cases}$$

Целевата функция се представя във вида:

$$\min \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^N P_{ij}$$

където: W_i и G_i са широчината на i сляба и крайната дебелина на съответния рулон.

Коефициентите са α, β и γ са евристични коефициенти.

За реализация на модела е избран вариант на генетичен алгоритъм, представен в Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox, Version 1.0.1, MATLAB Version 7.0. (R14), който е специално приспособен (къстамизиран) за решаване на задачата на търговския пътник.

В Matlab функцията, реализираща генетичен алгоритъм използва кодиране във вид на двоични или стрингови типове данни. Функциите за създаване, кръстосване и мутация работят с матрица от двоичен тип, или с логическа матрица в случай, че кодирането е стрингово. За решаването на задачата на търговския пътник най-удобно и естествено е да се използва целочислено кодиране на данните (пермутации от градовете). Удобно да се използват възможностите за представяне на данните в Matlab във вид на многомерни масиви. В дипломната работа е използвана функция за кодиране на данните като пермутации чрез масив от клетки с размерност равна на броя на индивидите в едно поколение. Това е направено във функция `creation function`, представена в приложението.

За да работи на генетичния алгоритъм от Matlab с избраното кодиране, трябва да се използват и специални функции за кръстосване (crossover function) и мутация (mutation function), които също са представени в приложението.

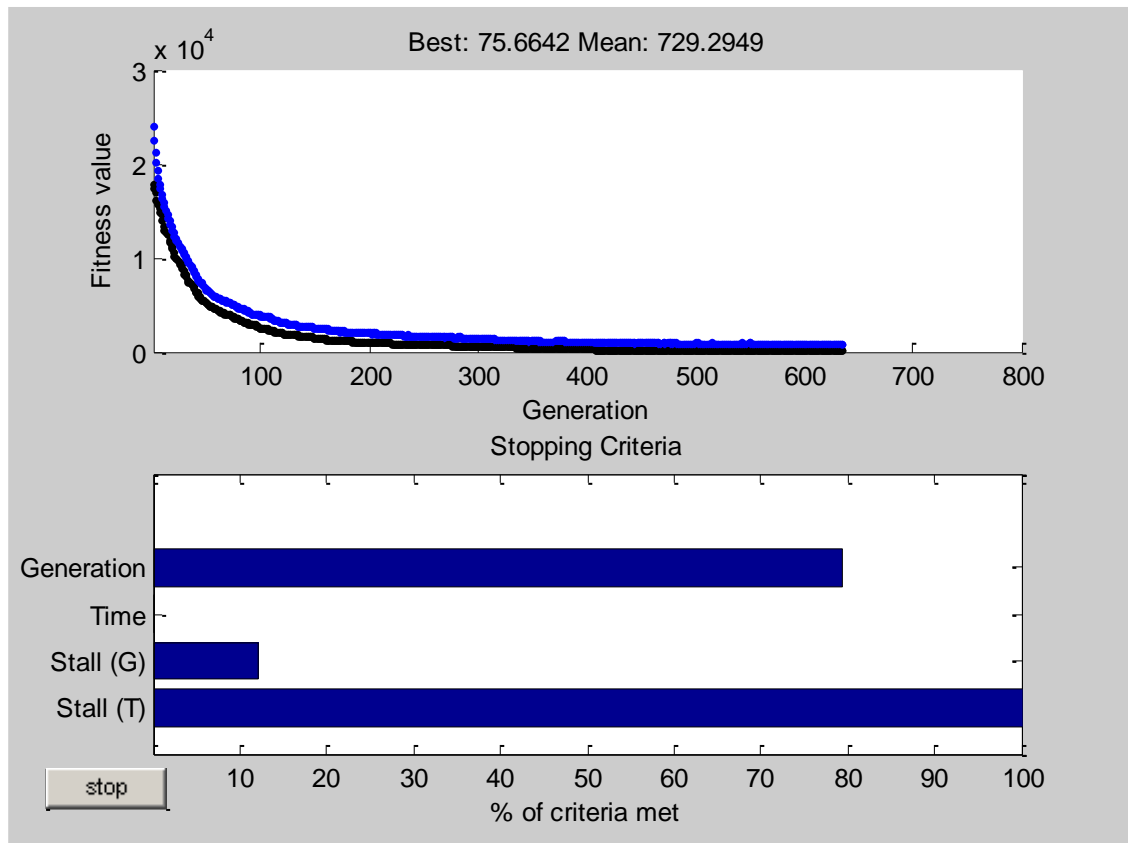
Терминологията на Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox в MATLAB използва наименованието функция на приспособимост (Fitness function) за целевата функция. В конкретния случай целта на поставената задача е да се минимизират глобите при подредбата на слябите в кампаниите за валцуване. Файлът който дефинира целевата функция за решаване на тази задача е представен в приложението.

В разработения вариант на генетичен алгоритъм за създаване на кампании за валцуване в рамките на една производствена програма са използвани следните параметри и функции на генетичния алгоритъм:

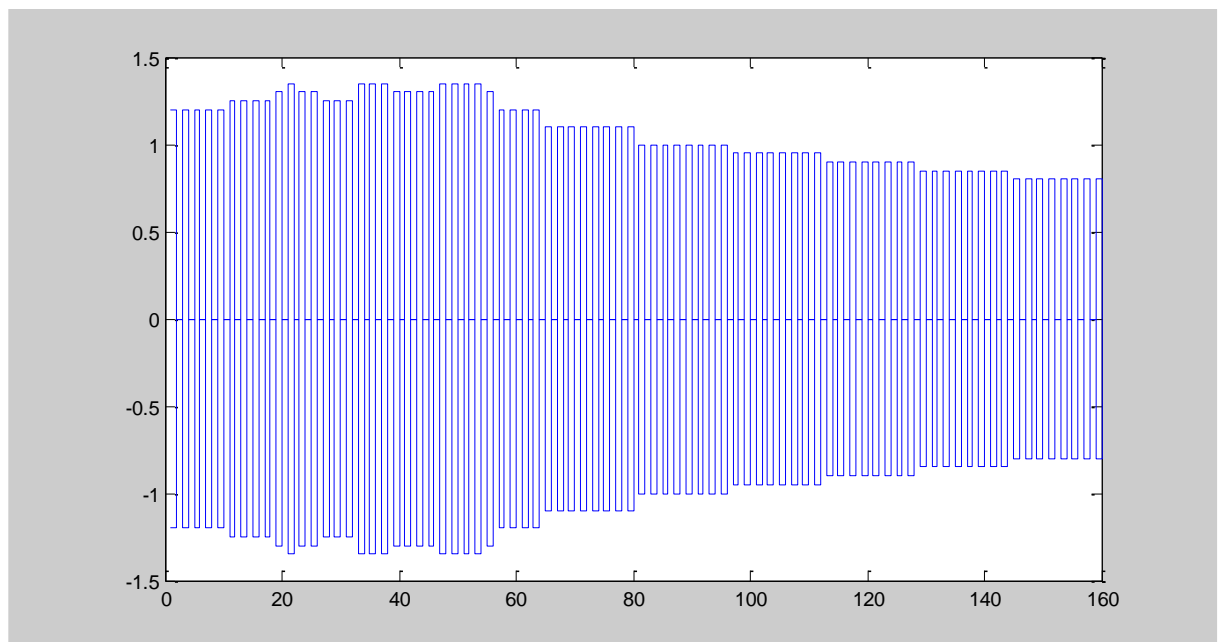
```
options =  
    PopulationType: 'custom'  
    PopInitRange: '[1;5]'  
    PopulationSize: 500  
    EliteCount: 2  
    CrossoverFraction: 0.8000  
    MigrationDirection: 'forward'  
    MigrationInterval: 20  
    MigrationFraction: 0.2000  
    Generations: 800  
    TimeLimit: Inf  
    FitnessLimit: -Inf  
    StallGenLimit: 400  
    StallTimeLimit: 20  
    PlotInterval: 1  
    CreationFcn: @HSMcreate_permutations  
    FitnessScalingFcn: @fitscalingrank  
    SelectionFcn: @selectionstochunif
```

```
CrossoverFcn: @HSMcrossover_permutation
MutationFcn: @HSMmutate_permutation
HybridFcn: []
Display: 'final'
PlotFcns: {[1x1 function_handle] [1x1 function_handle]}
OutputFcns: []
Vectorized: 'on'
```

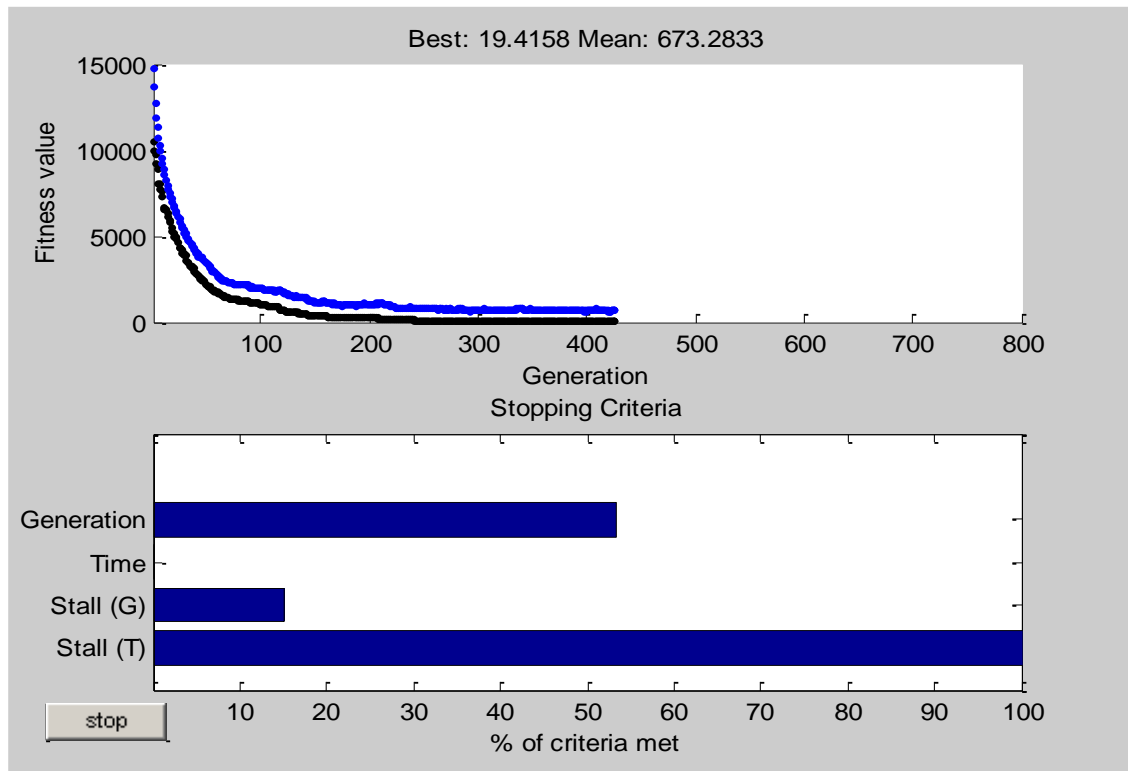
На фигури 3, 4, 5, 6, 7, 8 са представени резултати от работата на представения вариант на генетичен алгоритъм за създаване на производствени кампании при зададен брой от 160 сляби (фиг. 3,4), 100 сляби (фиг.5,6) и 80 сляби (фиг. 7,8)



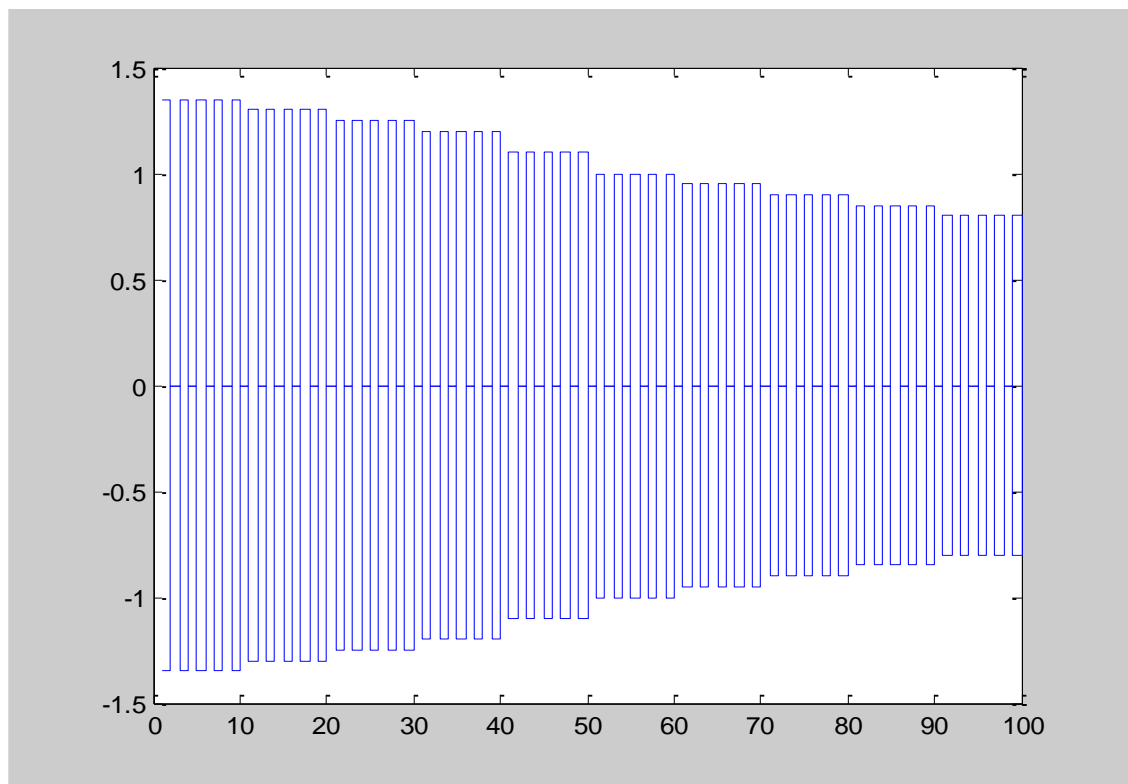
фигура 3



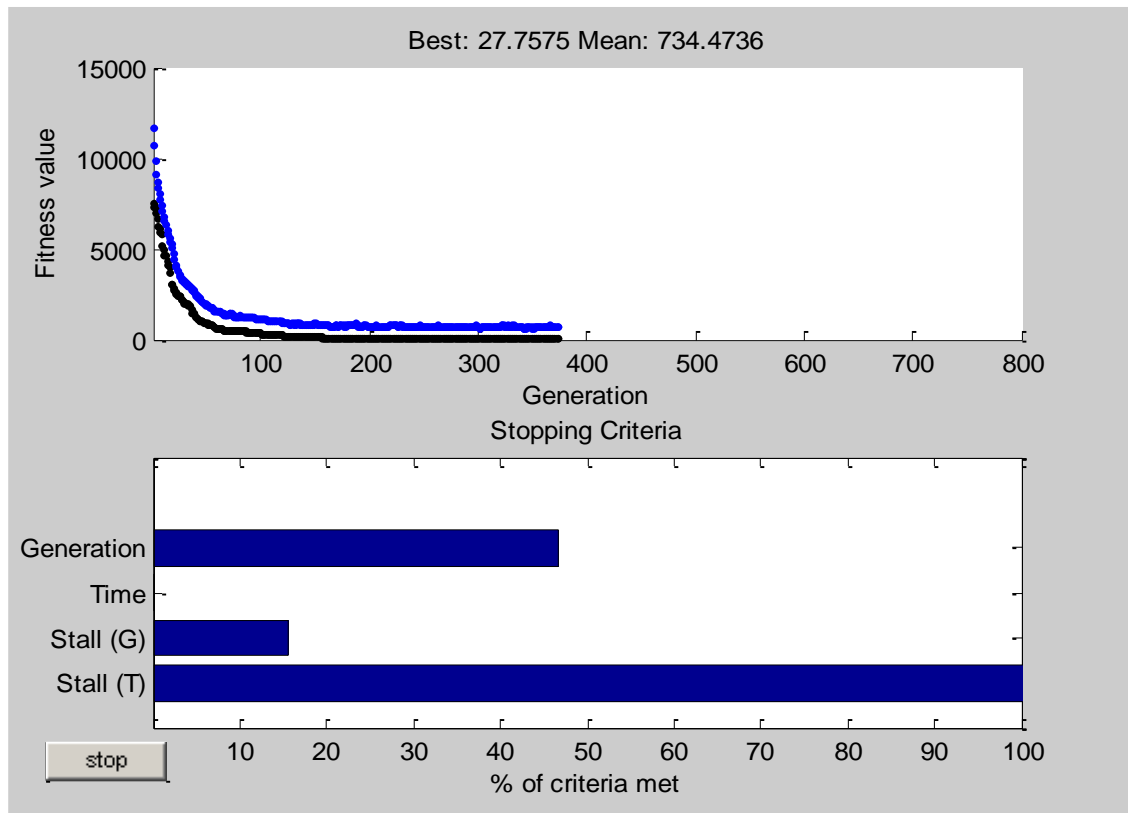
фигура 4



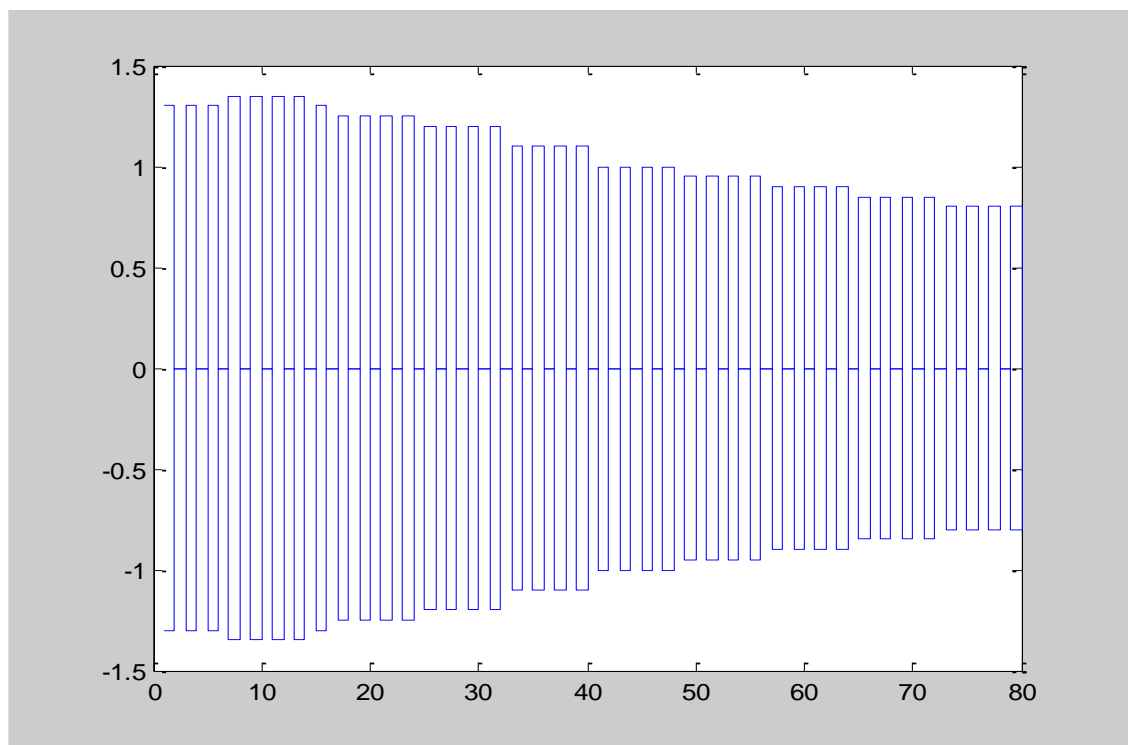
фигура 5



фигура 6



фигура 7



фигура 8

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цел на дипломната работа е да се направи анализ на технологията и планирането на производството на стан 1700 ГВ в Кремиковци АД и да се разработи метод за оптимално планиране с цел създаване на система за подпомагане вземането на решения при планиране и управление на производството. Целта на оптималното планиране и управление на производството в листопрокатните цехове за горещо валцуване е да се дефинира последователност на валцуване като се максимизира производителността, осигури качеството на продукцията при навременна доставка на поръчките и се удовлетворяват всички технически ограничения на производството.

В дипломната работа е представен алгоритъм за създаване на кампании за валцуване в рамките на една производствена програма. Задачата, която е решена е задача за намиране на оптимална последователност в рамките на еднородна по химичен състав кампания. Разработен е вариант на генетичен алгоритъм за минимизация на отклоненията в широчина на слябите и крайна дебелина на произвежданите рулони.

За реализация на предложения алгоритъм е използвана функция, представена в Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox, Version 1.0.1, MATLAB Version 7.0. (R14). Стандартната функция е модифицирана за решаване на задачата за оптимално планиране, дефинирана тук като обобщена несиметрична задача на търговския пътник. Представените резултати на производствени кампании с различна продължителност показват добро удовлетворяване на поставените критерии.

В заключение може да се каже, че създаденият алгоритъм и програмната му реализация представляват крачка към успешното решаване на задача за оптимално планиране на производството в листопрокатните заводи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Human Performance in Planning and Scheduling, Bart MacCarthy, John Wilson; Taylor & Francis, 2001
2. Wright, J. R. and Houck, M. H. (1985) An application of systems modelling in steel production scheduling. In: Proceedings of the Fourth International Conference on Engineering Software IV, pp. 15.127-15.140,
3. E. Balas, The prize collecting traveling salesman problem. Networks, 19:621–636, 1989.
4. Lopez, L., Carter, M. W. and Gendreau, M. (1998) The hot strip Mill production scheduling problem: A tabu search approach. European Journal of Operational Research, 106 (2-3), 317-335.
5. Cowling, P. I., Ouelhadj, D. and Petrovic, S. (2003) A Multi-agent architecture for dynamic scheduling of steel hot rolling. Journal of Intelligent Manufacturing, 14, 457-470.
6. Lee, H. S., Murthy, S. S., Haider, S. W. and Morse, D. V. (1996) Primary production scheduling at steel making industries. IBM Journal Research Development, 40 (2), 231-252.
7. Kosiba, E. D., Wright, J. R. and Cobbs, A. E. (1992) Discrete event sequencing as a traveling salesman problem, Computers in Industry, 19, 317-327.
8. Технологична инструкция за производство на горещовалцувани рулони на стелн “1700” ГВ, Кремиковци АД
9. Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox, Version 1.0.1 (R14) 05-May-2004 Users Guide,. MATLAB Version 7.0.0.19920 (R14)
10. Marec Obitko, Introduction to Genetic Algorithms, 1998

ПРИЛОЖЕНИЕ

function pop = create_permutations(NVARS,NFitnessFcn,options)

% Функция създаваща популация от пермутации

% POP = CREATE_PERMUTATION(NVARS,FITNESSFCN,OPTIONS)

създава популация от

% пермутации, всяка с дължина NVARS

%

% Входни променливи:

% NVARS: Брой на променливите

% FitnessFcn: Целева функция

% options: Опции за функцията "ga"

totalPopulationSize = sum(options.PopulationSize);

n = NVARS;

pop = cell(totalPopulationSize,1);

for i = 1:totalPopulationSize

 pop{i} = randperm(n);

end

**function xoverKids = crossover_permutation(parents,options,NVARS, ...
 NFitnessFcn,thisScore,thisPopulation)**

% Функция, осъществяваща рекомбинация между родителите в генетичния
алгоритъм, специално създадена за

% решаване на задачата на търговския пътник

% XOVERKIDS =

CROSSOVER_PERMUTATION(PARENTS,OPTIONS,NVARS, ...

% FITNESSFCN,THISSCORE,THISPOPULATION) рекомбинира PARENTS за

създаване

% на децата XOVERKIDS.

%

```

% Входни променливи:
% PARENTS: Родители, избрани след селекция
% OPTIONS: Опции за функцията "ga"
% NVARs: Брой на променливите
% FITNESSFCN: Функция на приспособимост (Fitness function)
% THISSCORE: Вектор с резултатите от текущата популация
% THISPOPULATION: Матрица от индивидите от текущата популация
nKids = length(parents)/2;
xoverKids = cell(nKids,1);
index = 1;
for i=1:nKids
    parent = thisPopulation{ parents(index) };
    index = index + 2;
    p1 = ceil((length(parent) - 1) * rand);
    p2 = p1 + ceil((length(parent) - p1 - 1) * rand);
    child = parent;
    child(p1:p2) = fliplr(child(p1:p2));
    xoverKids{i} = child;
end

```

```

function mutationChildren = mutate_permutation(parents ,options,NVARs, ...
    NFitnessFcn, state, thisScore,thisPopulation,mutationRate)
% Функция, осъществяваща мутации на поколението в генетичния алгоритъм
% MUTATIONCHILDREN =
MUTATE_PERMUTATION(PARENTS,OPTIONS,NVARs, ...
    FITNESSFCN,STATE,THISSCORE,THISPOPULATION,MUTATIONRATE)
мутира
% PARENTS за получаване на деца-мутанти MUTATIONCHILDREN.
% Входни променливи:
% PARENTS: Родители, които са избрани след селекцията

```

```

% OPTIONS: Опции за функция "ga"
% NVARs: Брой на променливите
% FITNESSFCN: Функция на приспособимост (Fitness function)
% STATE: Масив от параметри за функция "ga"
% THISSCORE: Вектор с резултатите от текущата популация
% THISPOPULATION: Матрица от индивидите от текущата популация
% MUTATIONRATE: Степен на мутация
% Променяме два елемента от пермутацията
mutationChildren = cell(length(parents),1);
for i=1:length(parents)
    parent = thisPopulation{parents(i)};
    p = ceil(length(parent) * rand(1,2));
    child = parent;
    child(p(1)) = parent(p(2));
    child(p(2)) = parent(p(1));
    mutationChildren{i} = child;
end

```

function scores = Ntraveling_salesman_fitness(x,Penalties,W)

```

% Функция на приспособимост (Fitness function)
scores = zeros(size(x,1),1);
[Gmax,ii]=max(W);
for j = 1:size(x,1) %size(x,1) означава брой популации
    p = x{j};
    f = Penalties(p(ii),p(1));
    for i = 2:length(p)-1
        f = f + Penalties(p(i-1),p(i));
    end
    scores(j) = f;
end

```

```

% Задаване на входни данни
G=[1,1.5,2,2.5,3,1.5,1.5,2.5,2.5,3];
G=[G,G,G,G,G,G,G,G,G,G,G,G,G,G,G];
W=[800,900,1000,1100,1350,850,950,1200,1300,1250];
W=[W,W,W,W,W,W,W,W,W,W,W,W,W,W,W,W];
G=G/1000;
W=W/1000;

% Задаване на броя на слябите
slabs = 80;

% Задаване на коефициентите в наказателната функция
alfa=1;beta=100;gama=10;

% Изчисляване на наказанията за отклонения в широчината на слябите и
% крайния размер на лентата
P = zeros(slabs,slabs);
for jj=1:slabs,
    for ii=1:slabs,
        if W(ii)>=W(jj)
            P(ii,jj)=(alfa*(W(ii)-W(jj))^2+beta*(G(ii)-G(jj))^2)/G(jj);
        else
            P(ii,jj)=(gama*(W(ii)-W(jj))^2+beta*(G(ii)-G(jj))^2)/G(jj);
        end
    end;
end;

% Задаване на функцията на приспособимост (целевата функция)като
анонимна функция
HSMFitnessFcn = @(x) HSM_fitness(x,P,W);

% Задаване на опциите за оптимизационната процедура
options = gaoptimset('PopulationType','custom','popInitRange',[1;5]);
options=gaoptimset(options,'CreationFcn',@HSMcreate_permutations,'CrossoverFc
n',@HSMcrossover_permutation,...

```



```

    'Generations',800,'PopulationSize',500,'StallGenLimit',400,'Vectorized','on','Mutatio
nFcn',@HSMmutate_permutation...
    , 'PlotFcn', { @gaplotbestf, @gaplotstopping });
    numberOfVariables = slabs;
    % Оптимизация
    [x,fval,reason,output] = ga(HSMFitnessFcn,numberOfVariables,options)
    % Изобразяване на оптималната последователност на сябите
    pause
    m=cell2mat(x);
    %plot(W(m)),hold on,plot(-W(m)),hold off
    Wnew=W(m);
    Gnew=G(m);
    for i=2:2:slabs*2
        Wnew(i)=0;
        Gnew(i)=0;
    end
    hold off
    stairs(Wnew(1:slabs)),hold on, stairs(-
Wnew(1:slabs)),ylabel('Широчина'),title('Подреждане по широчина'), hold off
    pause
    stairs(Gnew(1:slabs)),hold on, stairs(-Gnew(1:slabs)),title('GAUGE'), hold off

```