

Національний технічний університет України “КПІ”  
ННК “Інститут прикладного системного аналізу”

## Дипломна робота

- тема:
  - *“Розробка стратегії виробництва на основі прогнозу продажів”*

Виконала: студентка гр. КА-31  
Козлова Марія Олександрівна

# Постановка задачі:

- Виконати огляд і аналіз роботи лінії терміном за останній рік.
- Розробка стратегії виробництва для лінії сувенірних товарів.
- Розробка архітектури системи підтримки прийняття рішень для аналізу, моделювання та прогнозування виробничих показників.
- Реалізація системи підтримки прийняття рішень у вигляді програмного забезпечення з використанням метода експоненційного згладжування Хольта, кластерного аналізу, для виділення груп товарів.
- Аналіз та порівняння отриманих результатів моделювання та прогнозування.

# Опис системи: «Лінія сувенірної продукції»



## Фактори впливу на виробництво і прибуток:

- Продуктивність лінії в зміню
- Витрати на людські ресурси
- Витрати на обслуговування складу
- Продукція (попит, сезонність и т.д.)

# Аналіз технологій

## Дві конфігурації роботи лінії

Усього на цій лінії за рік виробляється близько 28 продукцій

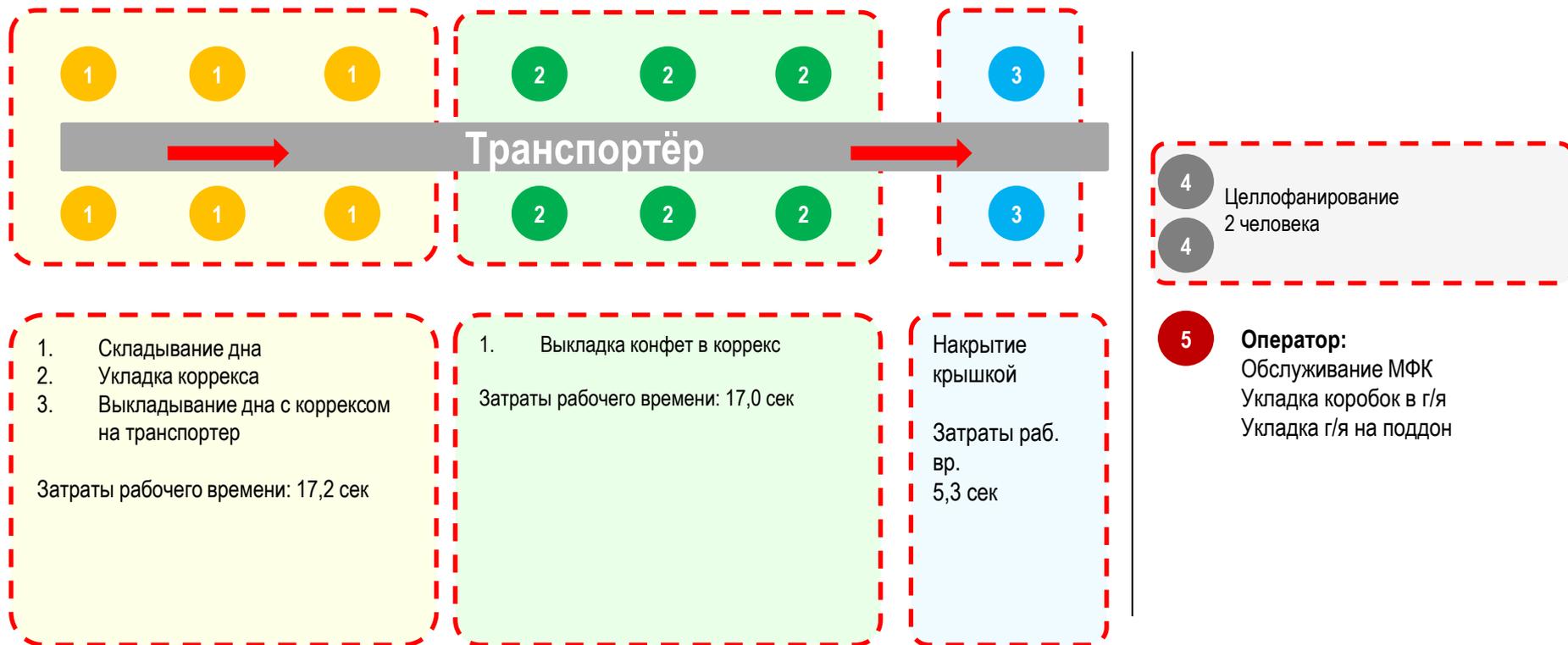
Полностью ручное производство

Частично автоматизированное

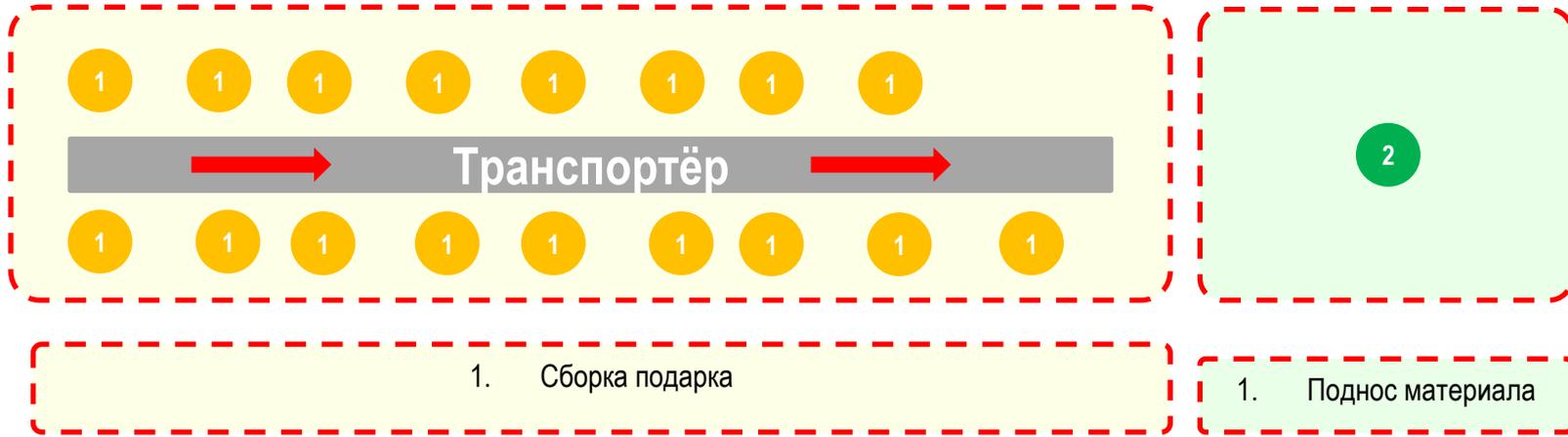
СУВЕНИРНИЙ НАБОР Кошелек ВКФ 148 г/3шт  
СУВЕНИРНИЙ НАБОР Пазлы ВКФ 163 г/5шт  
СУВЕНИРНИЙ НАБОР Мешок ВКФ 132 г/3шт  
СУВЕНИРНИЙ НАБОР Сапог Рождественский ВКФ 200 г/8шт  
СУВЕНИРНИЙ НАБОР Чашка ВКФ 148 г/3шт  
СУВЕНИРНИЙ НАБОР Санта ВКФ 233 г/1шт  
СУВЕНИРНИЙ НАБОР Игрушка Машина ВКФ 150 г/10шт  
СУВЕНИРНИЙ НАБОР Игрушка-Собака ВКФ 156 г/4шт  
СУВЕНИРНИЙ НАБОР Сумка ВКФ 78 г/4шт  
СУВЕНИРНИЙ НАБОР Конфетница ВКФ 172 г/9шт  
СУВЕНИРНИЙ НАБОР Бодрое утро ВКФ 336г /4шт  
СУВЕНИРНИЙ НАБОР Весенний кролик ВКФ 128г /8шт  
СУВЕНИРНИЙ НАБОР Дымоход ВКФ 249г /8шт  
СУВЕНИРНИЙ НАБОР Кошелечек ВКФ 196г /6шт  
СУВЕНИРНИЙ НАБОР Олень ВКФ 265г /4шт  
СУВЕНИРНИЙ НАБОР Пасхальный кролик ВКФ 154г /8шт  
СУВЕНИРНИЙ НАБОР Подарок от Зайчика ВКФ 78г /21шт  
СУВЕНИРНИЙ НАБОР Яскравий кошик ВКФ 171г /9шт  
СУВЕНИРНИЙ НАБОР КУІV ВКФ 264г /8шт  
СУВЕНИРНИЙ НАБОР Roshen Ko-ko-ro-ko ВКФ 215г /8шт  
СУВЕНИРНИЙ НАБОР Ukraine ВКФ 160г /12шт  
СУВЕНИРНИЙ НАБОР Софійська площа ВКФ 60г /36шт  
СУВЕНИРНИЙ НАБОР Михайлівська площа ВКФ 60г /36шт  
СУВЕНИРНИЙ НАБОР Сундук сокровищ ВКФ 204г /9шт

КОРОБОЧНЫЕ КОНФЕТЫ Cherry Queen Love ВКФ 93г /8шт  
КОРОБОЧНЫЕ КОНФЕТЫ Cherry Queen ВКФ 145г /14шт

# Виробництво Cherry Queen Love 93г и Cherry Queen 145г



## Режим по производству сувенирных наборов



В ходе технологических исследований можно определить ряд альтернатив работы линии. Каждой альтернативе поставим в соответствие ряд величин:

Режим работы линии (сколько смен в сутки будет работать линия)

Кол-во человек работающих в течении месяца

Количество смен в день

Людей в бригаде

	1	2	3
10	ОПЗ ЗС	ОПЗ ЗС	ОПЗ ЗС
17	ОПЗ ЗС	ОПЗ ЗС	ОПЗ ЗС

## Анализ производства

Ожидаемый процент загрузки  $\longrightarrow$  Производительность  
Смен всего рабочих в месяц  
Объема продаж

Затраченные средства  $\longrightarrow$  Затраты на содержание остатков на складе  
Затраты на человеческие ресурсы

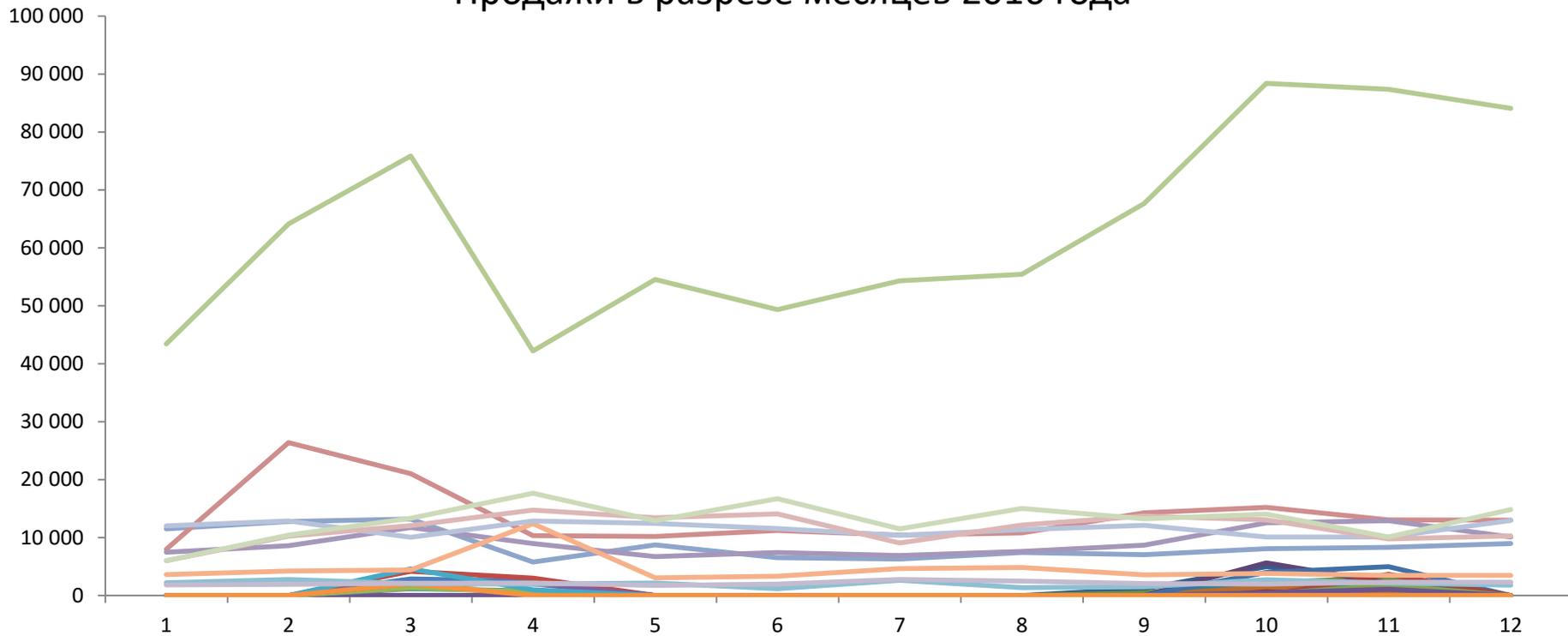
$$ОПЗ = \frac{(\text{Месячный объем продаж})}{(\text{Производительность в смену}) * (\text{Кол} - \text{во смен в месяц})}$$

$ЗС = \text{Остаток на складе} * \text{Стоимость содержания ед. продукции} + \text{Кол-во человек в бригаде} * \text{режим работы} * ЗП$

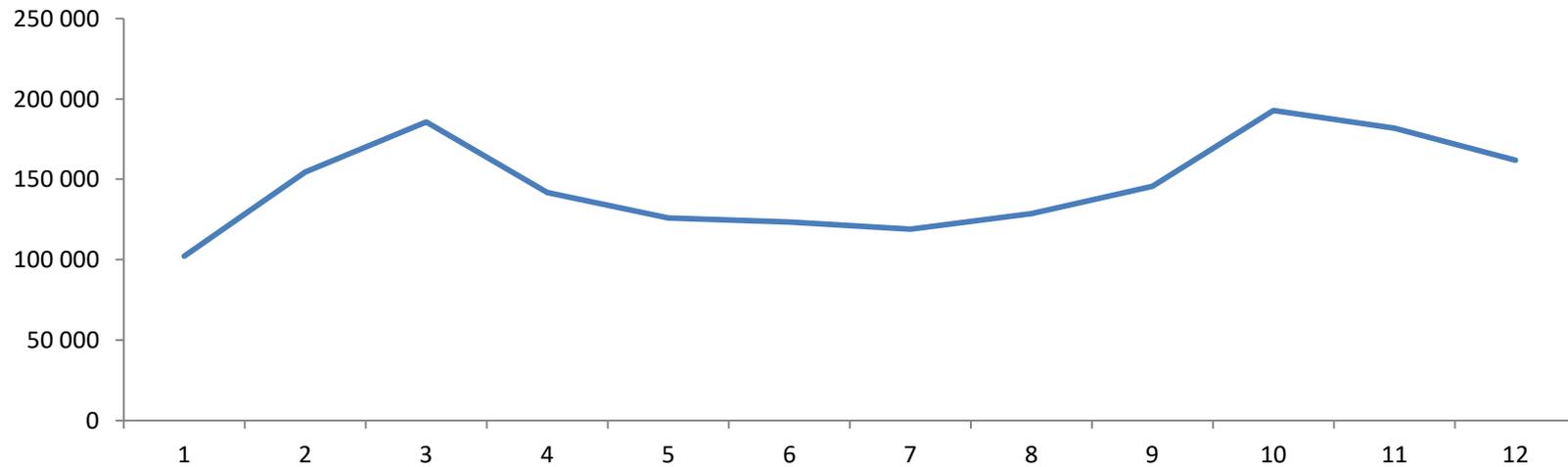
*Ожидаемый процент загрузки*  $\rightarrow \max$

*Затраченные средства*  $\rightarrow \min$

Продажи в разрезе месяцев 2016 года



Суммарные продажи в разрезе месяцев 2016 года



# Метод Хольта

Пусть задан **временной ряд**:  $y_1, \dots, y_t$ ,  $y_i \in \mathbb{R}$ .

Необходимо решить задачу прогнозирования временного ряда.

Пусть на данных существует линейный **тренд**, тогда **модель Брауна** не подходит для решения такой задачи. Чтобы учесть влияние линейного **тренда**, используют **модель Хольта** (Holt).

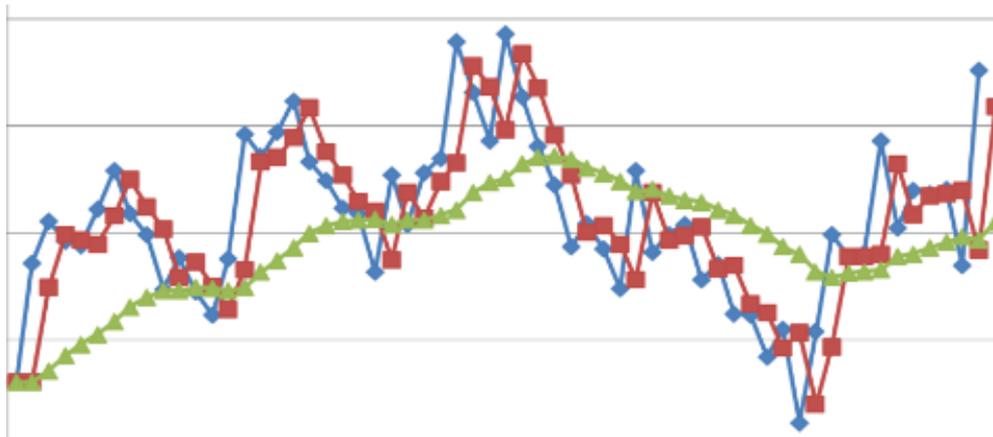
$$\hat{y}_{t+d} = a_t + db_t,$$

где  $a_t$ - прогноз, очищенный от тренда (по сути **экспоненциальное сглаживание**),  $b_t$ - параметр линейного **тренда**.

$$a_t = \alpha_1 y_t + (1 - \alpha_1)(a_{t-1} - b_{t-1});$$

$$b_t = \alpha_2(a_t - a_{t-1}) + (1 - \alpha_2)b_{t-1};$$

Важной проблемой является выбор коэффициентов  $\alpha_1, \alpha_2 \in (0,1)$ , которые определяют чувствительность модели. Чувствительная модель быстро реагирует на реальные изменения, а нечувствительная не реагирует на шум и случайные отклонения. Проблема выбора параметров модели рассмотрена в книге Лукашина.



# Прогноз производства

Наименование	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Кошелек ВКФ 148 г/3шт	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Пазлы ВКФ 163 г/5шт	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Мешок ВКФ 132 г/3шт	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Сапог Рождественский ВКФ 200 г/8шт	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Чашка ВКФ 148 г/3шт	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Санта ВКФ 233 г/1шт	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Игрушка Машина ВКФ 150 г/10шт	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Игрушка-Собака ВКФ 156 г/4шт	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Сумка ВКФ 78 г/4шт	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Конфетница ВКФ 172 г/9шт	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Бодрое утро ВКФ 336г /4шт	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Весенний кролик ВКФ 128г /8шт	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Дымоход ВКФ 249г /8шт	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Кошелечек ВКФ 196г /6шт	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Олень ВКФ 265г /4шт	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Пасхальный кролик ВКФ 154г /8шт	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Подарок от Зайчика ВКФ 78г /21шт	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Яскравий кошик ВКФ 171г /9шт	
КОРОБОЧНЫЕ КОНФЕТЫ Cherry Queen Love ВКФ 93г /8шт	
КОРОБОЧНЫЕ КОНФЕТЫ Cherry Queen ВКФ 145г /14шт	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР KYIV ВКФ 264г /8шт	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Roshen Ko-ko-ro-ko ВКФ 215г /8шт	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Ukraine ВКФ 160г /12шт	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Софійська площа ВКФ 60г /36шт	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Михайлівська площа ВКФ 60г /36шт	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Сундук сокровищ ВКФ 204г /9шт	

Стабильные товары,  
применяем  
буферизацию

# Рассматриваем 3 прогноза. Оптимистический, пессимистический, по модели Хольта

По модели Хольта, распределение загрузки линии будет выглядеть следующим образом

													Максимальная загрузка	Минимальная загрузка	
Бригада 17 человек		Хольта													
1 см	99%	129%	136%	94%	104%	99%	102%	104%	114%	133%	134%	130%	136%	94%	
2 см	49%	65%	68%	47%	52%	50%	51%	52%	57%	67%	67%	65%	68%	47%	
3 см	33%	43%	45%	31%	35%	33%	34%	35%	38%	44%	45%	43%	45%	31%	
Бригада 10 человек															
1 см	195%	254%	267%	186%	205%	196%	201%	206%	225%	264%	265%	257%	267%	186%	
2 см	98%	127%	134%	93%	102%	98%	101%	103%	112%	132%	133%	129%	134%	93%	
3 см	65%	85%	89%	62%	68%	65%	67%	69%	75%	88%	88%	86%	89%	62%	
Бригада 17 человек		Оптимизм													
1 см	104%	142%	149%	103%	114%	109%	112%	115%	121%	143%	147%	143%	149%	103%	
2 см	52%	71%	75%	52%	57%	55%	56%	57%	61%	71%	74%	72%	75%	52%	
3 см	35%	47%	50%	34%	38%	36%	37%	38%	40%	48%	49%	48%	50%	34%	
Бригада 10 человек															
1 см	206%	279%	294%	204%	225%	216%	221%	227%	239%	282%	292%	283%	294%	204%	
2 см	103%	139%	147%	102%	113%	108%	111%	113%	120%	141%	146%	142%	147%	102%	
3 см	69%	93%	98%	68%	75%	72%	74%	76%	80%	94%	97%	94%	98%	68%	
Бригада 17 человек		Пессимизм													
1 см	94%	116%	122%	84%	93%	89%	92%	94%	106%	124%	121%	117%	124%	84%	
2 см	47%	58%	61%	42%	47%	45%	46%	47%	53%	62%	60%	59%	62%	42%	
3 см	31%	39%	41%	28%	31%	30%	31%	31%	35%	41%	40%	39%	41%	28%	
Бригада 10 человек															
1 см	185%	228%	241%	167%	184%	177%	181%	186%	210%	245%	239%	232%	245%	167%	
2 см	92%	114%	120%	84%	92%	88%	91%	93%	105%	123%	119%	116%	123%	84%	
3 см	62%	76%	80%	56%	61%	59%	60%	62%	70%	82%	80%	77%	82%	56%	

Затраты на человеческие ресурсы = з/п \* (кол – во человек) \* (кол – во смен)

Затраты на склад =  $(\text{Объем} - \frac{\text{Объем}}{28} * \frac{\text{Колво смен}}{\text{режим}}) * \text{цена хранения ед.}$

Хольта						
	1		2		3	
10	267%	56 133	134%	112 266	89%	168 398
	186%	38 972	93%	77 944	62%	116 915
17	136%	48 503	68%	97 007	45%	145 510
	94%	33 498	47%	66 995	43%	100 493
Оптимизм						
	1		2		3	
10	294%	61 746	147%	123 492	98%	185 238
	204%	42 869	102%	85 738	68%	128 607
17	149%	53 354	75%	106 707	50%	160 061
	103%	36 847	52%	73 695	34%	110 542
Пессимизм						
	1		2		3	
10	245%	51 514	123%	103 029	82%	154 543
	167%	35 075	84%	70 149	56%	105 224
17	245%	44 271	62%	88 543	41%	132 814
	167%	30 148	42%	60 296	28%	90 443

Затраты на человеческие ресурсы



## Матрица принятия решения

Хольта						
	1		2		3	
10	267%		134%		89%	755 195
	186%		93%	269 689	62%	455 274
17	136%		68%	803 234	45%	983 022
	94%	214 413	47%	473 929	43%	583 101
Оптимизм						
	1		2		3	
10	294%		147%		98%	
	204%		102%		68%	460 607
17	149%		75%	837 435	50%	1 048 025
	103%		52%	487 287	34%	613 655
Пессимизм						
	1		2		3	
10	245%		123%		82%	731 450
	167%		84%	288 813	56%	445 375
17	245%		62%	757 801	41%	907 695
	167%		42%	457 146	28%	550 264

Месяца с максимальной загрузкой

Месяца с минимальной загрузкой

# Вывод:

В проведенном анализе технологий производства было выявлено 6 разных режимов работы. Целью было выработать стратегию производства, то есть выбрать один или два из режимов.

Далее был произведен анализ продаж и метод сглаживания Хольта для прогнозирования продаж в следующем году, а также кластеризацию товаров.

На основе полученных данных была составлена функция затрат каждого из режимов.

Применив построенную модель к реальным данным ДП КК «Roshen» получили:

«В месяца с маленькими объемами продаж работаем в 3 смены по 10 человек в бригаде.

В месяца с большими объемами продаж работаем в 2 смены по 17 человек в бригаде»

Тем самым экономия будет составлять порядка 100 000 грн в месяц.

# Полученные кластеры

Наименование	Группа	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Бодрое утро ВКФ 336г /4шт	1	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Весенний кролик ВКФ 128г /8шт	1	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Дымоход ВКФ 249г /8шт	1	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Кошелечек ВКФ 196г /6шт	1	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Олень ВКФ 265г /4шт	1	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Пасхальный кролик ВКФ 154г /8шт	1	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Подарок от Зайчика ВКФ 78г /21шт	1	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Яскравий кошик ВКФ 171г /9шт	1	
КОРОБОЧНЫЕ КОНФЕТЫ Cherry Queen ВКФ 145г /14шт	2	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Кошелек ВКФ 148 г/3шт	3	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Пазлы ВКФ 163 г/5шт	3	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Мешок ВКФ 132 г/3шт	3	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Сапог Рождественский ВКФ 200 г/8шт	3	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Чашка ВКФ 148 г/3шт	3	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Санта ВКФ 233 г/1шт	3	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Игрушка Машина ВКФ 150 г/10шт	3	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Игрушка-Собака ВКФ 156 г/4шт	3	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Сумка ВКФ 78 г/4шт	3	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Конфетница ВКФ 172 г/9шт	3	
КОРОБОЧНЫЕ КОНФЕТЫ Cherry Queen Love ВКФ 93г /8шт	4	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР KYIV ВКФ 264г /8шт	4	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Roshen Ko-ko-ro-ko ВКФ 215г /8шт	4	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Ukraine ВКФ 160г /12шт	4	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Софійська площа ВКФ 60г /36шт	4	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Михайлівська площа ВКФ 60г /36шт	4	
СУВЕНИРНЫЙ НАБОР Сундук сокровищ ВКФ 204г /9шт	4	

# Проведем кластеризацию товаров методом k-средних

**k-means (метод k-средних)** — наиболее популярный метод кластеризации. Был изобретён в 1950-х годах математиком Гуго Штейнгаузом и почти одновременно Стюартом Ллойдом. Особую популярность приобрёл после работы Маккуина. Действие алгоритма таково, что он стремится минимизировать суммарное квадратичное отклонение точек кластеров от центров этих кластеров:

$$V = \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in S_i} (x_j - \mu_i)^2 \rightarrow \min$$

Где  $k$ - число кластеров,  
 $S_i$  - полученные кластеры,  
 $i = 1, 2, \dots, k$ ,  
 $\mu_i$  - центры масс векторов  
 $x_j \in S_i$

