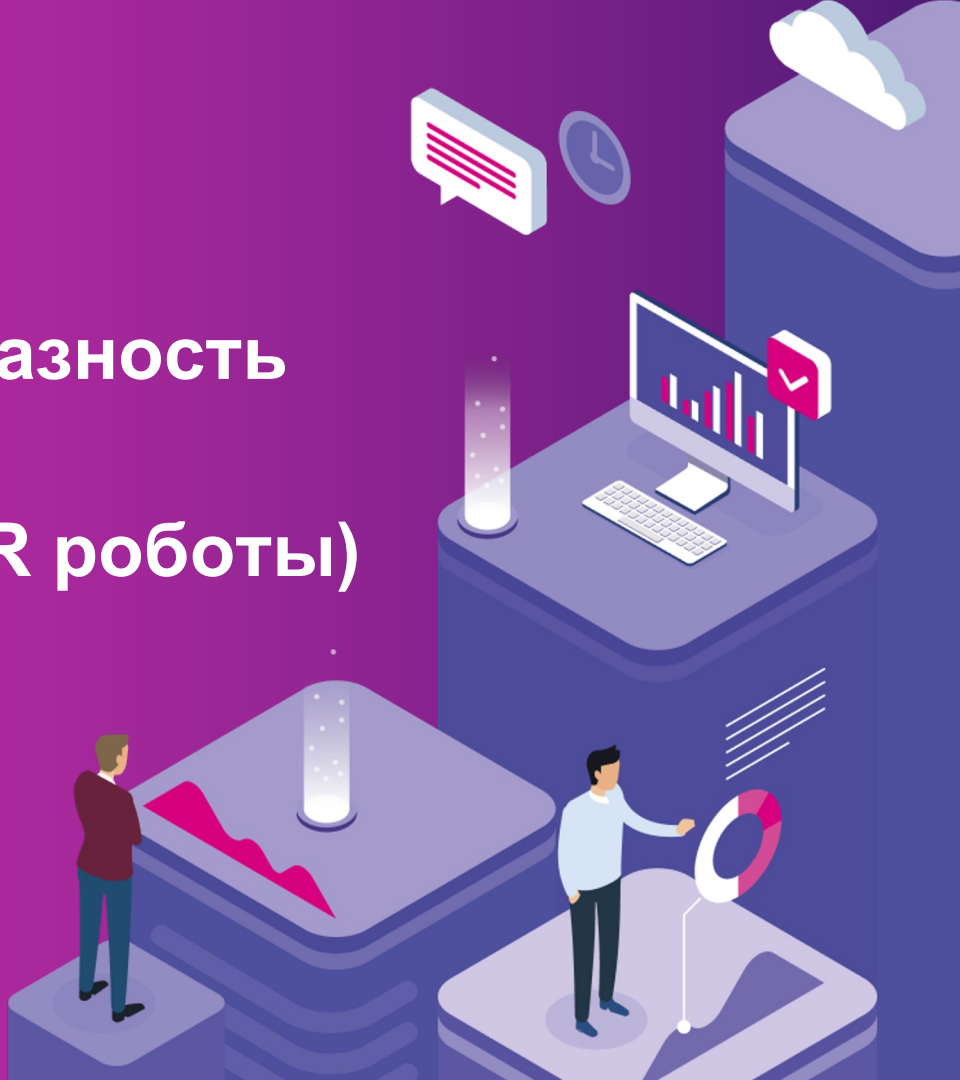


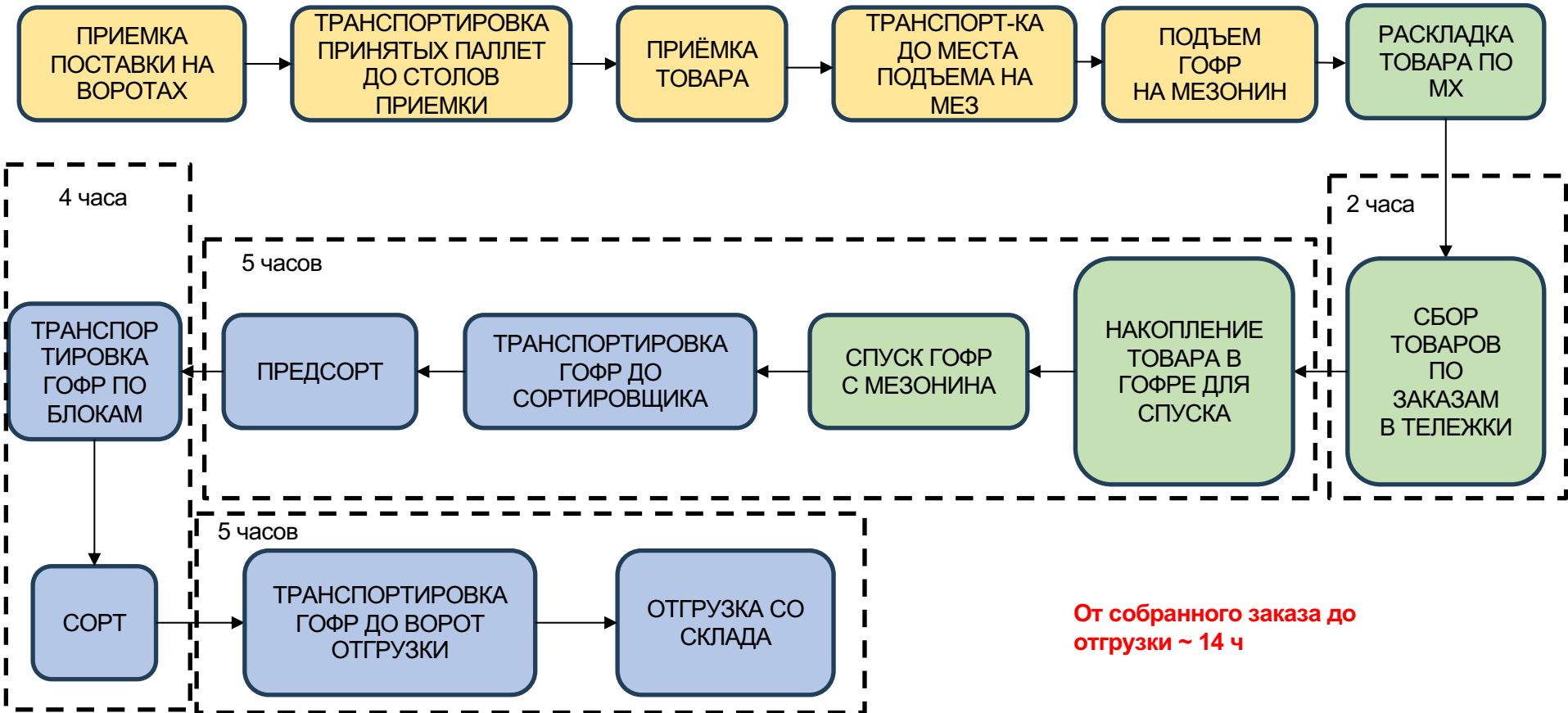
# WILDBERRIES

## Как оценить целесообразность роботизации (практический кейс AMR роботы)

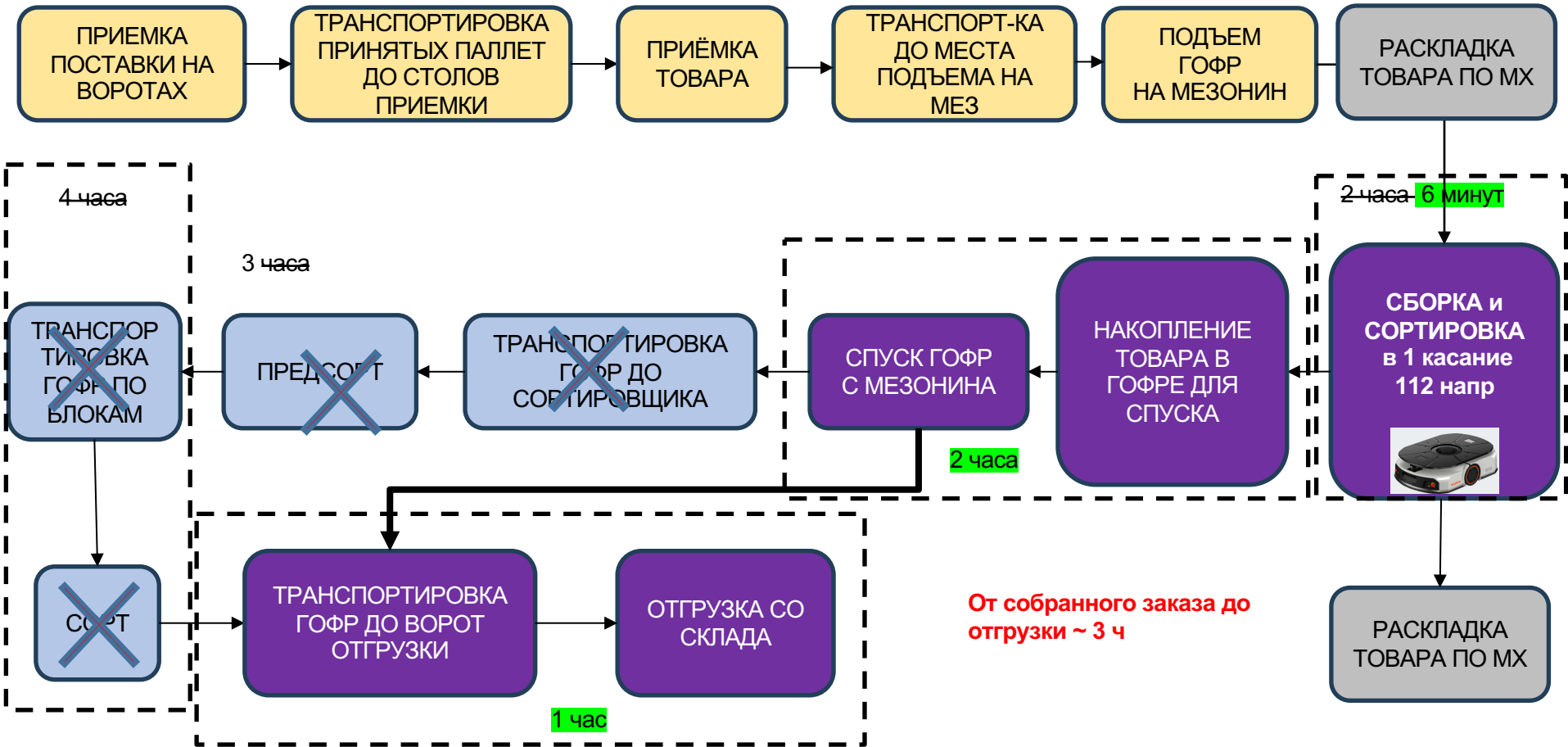
Елена Образцова  
12.04.2024



# 1. Описать логику процесса AS IS: схема движения товара



## 2. Моделируем логику процесса ТО ВЕ: схема движения товара



# 3. Моделируем физику в AutoCad: технологическая карта

Площадь склада - 25 000 м<sup>2</sup>

Роботы AGV – 250

Заказы – 60 000 в сутки



Пример пилотного проекта по роботизированной сборке заказов

Входящий поток

Исходящий поток

Зарядные станции

Второй свет

Второй свет

Второй свет

# Математическое моделирование

## Пример: моделирование сборки заказов мобильными роботами AMR

Параметры расчета	
<b>МХ</b>	
количество стеллажей	шт
Ширина стеллажа	мм
Глубина стеллажа	мм
Высота стеллажа	мм
количество полок	шт
ячеек на полке	
Макс объем товара на стеллаже	м3
Расчетный объем всего	м3
Макс объем товара всего	м3
Количество товаров на полке	шт
Количество товаров на стеллаже	шт
Количество товаров всего	шт
вес стеллажа	кг
Вес товара на стеллаже	кг
вес товара всего	кг
вес стеллажей	кг
вес роботов	кг
всего нагрузка на пол	кг
<b>Сборка/сортировка</b>	
производительность сборки 1 шт	сек
Производительность 1 станции, шт/мин	шт/мин
Производительность 1 станции, шт/час	шт/час
Производительность 1 станции, шт/сутки	шт/сутки
Производительность всех станций, шт/сутки	шт/сутки
<i>доля от стока</i>	
количество направлений сортировки	
количество полибоксов на 1 направление	
количество полибоксов на станции	
количество станций сборки	

Раскладка	
Производительность раскладки 1 шт	сек
Производительность 1 станции, шт/мин	шт/мин
Производительность 1 станции, шт/час	шт/час
Производительность 1 станции, шт/сутки	шт/сутки
Производительность всех станций, шт/сутки	шт/сутки
количество полибоксов на станции	
количество станций сборки	
всего станций сборки/раскладки	
<b>Расчет количества роботов</b>	
вид робота	
Грузоподъемность робота	кг
время работы робота	час
время зарядки робота	час
время работы робота в сутки	час
время пробега робота на круг	мин
время пробега робота на круг	сек
время разгона/торможения на один подъезд к станции	сек
время постановки/вывоза стеллажа на МХ	сек
время нахождения на станции раскладки	сек
время нахождения на станции сборки	сек
Количество шт за 1 подъезд робота	шт
<b>полный цикл робота для сборки</b>	<b>сек</b>
количество циклов 1 робота за сутки	шт
необходимое количество циклов в сутки	шт
количество роботов в работе+ зарядка в резерве	шт
<i>итого роботов на сборку</i>	
Количество шт за 1 подъезд робота	шт
<b>полный цикл робота для раскладки</b>	<b>сек</b>
количество циклов 1 робота за сутки	шт
необходимое количество циклов в сутки	шт
количество роботов в работе+ зарядка в резерве	шт
<i>итого роботов на раскладку</i>	
<b>всего роботов</b>	

Спуск/подъем	
количество товаров в полибоксе	шт
количество товаров в коробе	шт
Количество ПБ на подъем в сутки	
Количество ПБ на подъем в час	шт
Количество ПБ на спуск в сутки	
Количество ПБ на спуск в час	шт
% наполнения 1 ПБ за час	
<b>Время наполнения ПБ до 100%</b>	<b>час</b>
<b>Время обработки</b>	
сборка	мин
предсортировка	мин
сорт по направлениям	мин
накопление в ПБ на станции	мин
перемещение к буферу спуска	мин
спуск лифта/рича	мин
перемещение на ворота	мин
ожидание отгрузки	мин
отгрузка	мин
<b>итого</b>	<b>мин</b>
<b>итого</b>	<b>час</b>

Более 150 параметров

# Математическое моделирование

## Расчет количества роботов

Пример: математическое моделирование роботизированной сборки заказов

$$\text{Ц3} = \text{ШК} / \text{К1}$$

$$\text{Ц2} = (24 - \text{время зарядки и ТО}) / \text{Ц1}$$

$$\text{КР} = \text{Ц3} / \text{Ц2} + \text{Р2}$$

**ШК** – ср. Количество штук сборки в сутки (Емкость склада шт. \* % сборки в сутки)

**К1** – ср. Количество штук со стеллажа, т.е. 1 робот за 1 подъезд

**Ц1** – ср. Цикл 1 работа, время на круг

**Ц2** – ср. Количество циклов 1 работа в сутки, за минусом времени простоя и зарядки

**Ц3** – общее Количество циклов сборки в сутки для сборки всего объема ШК

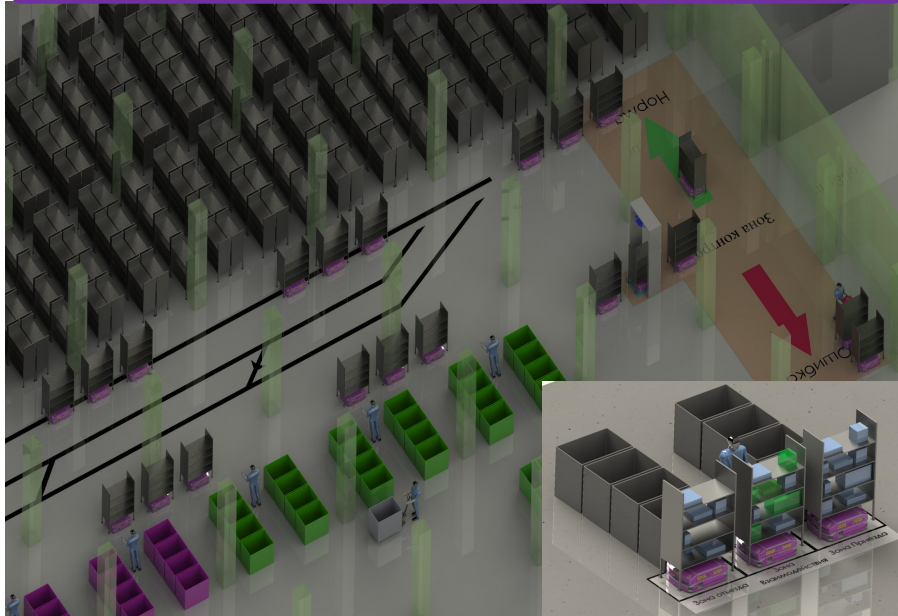
**Р1** – ср. Количество роботов в работе в сутки

**Р2** – Резерв роботов (10%)

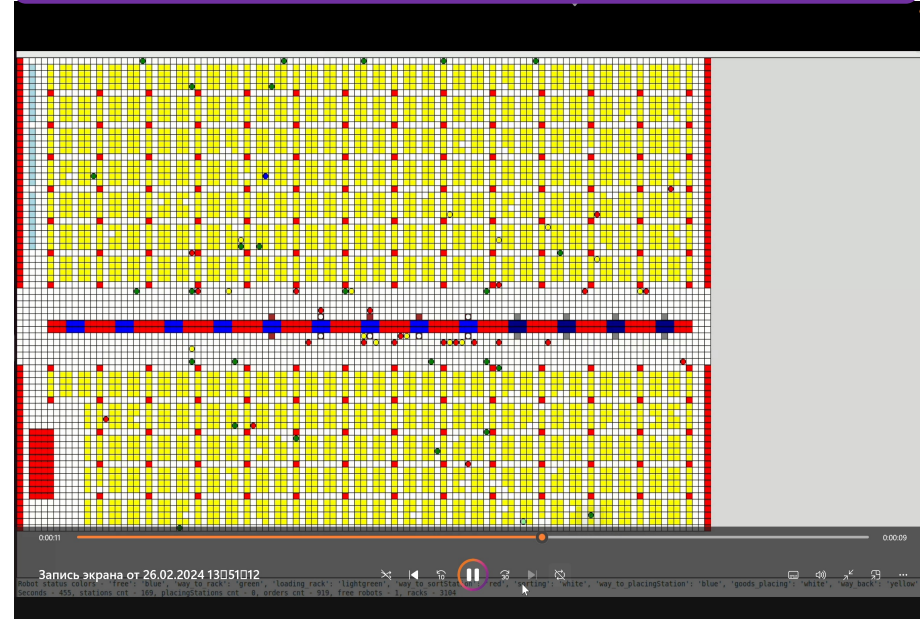
# Имитационное моделирование

Пример: моделирование роботизированной сборки заказов

## Визуальное 3D моделирование в SolidWorks



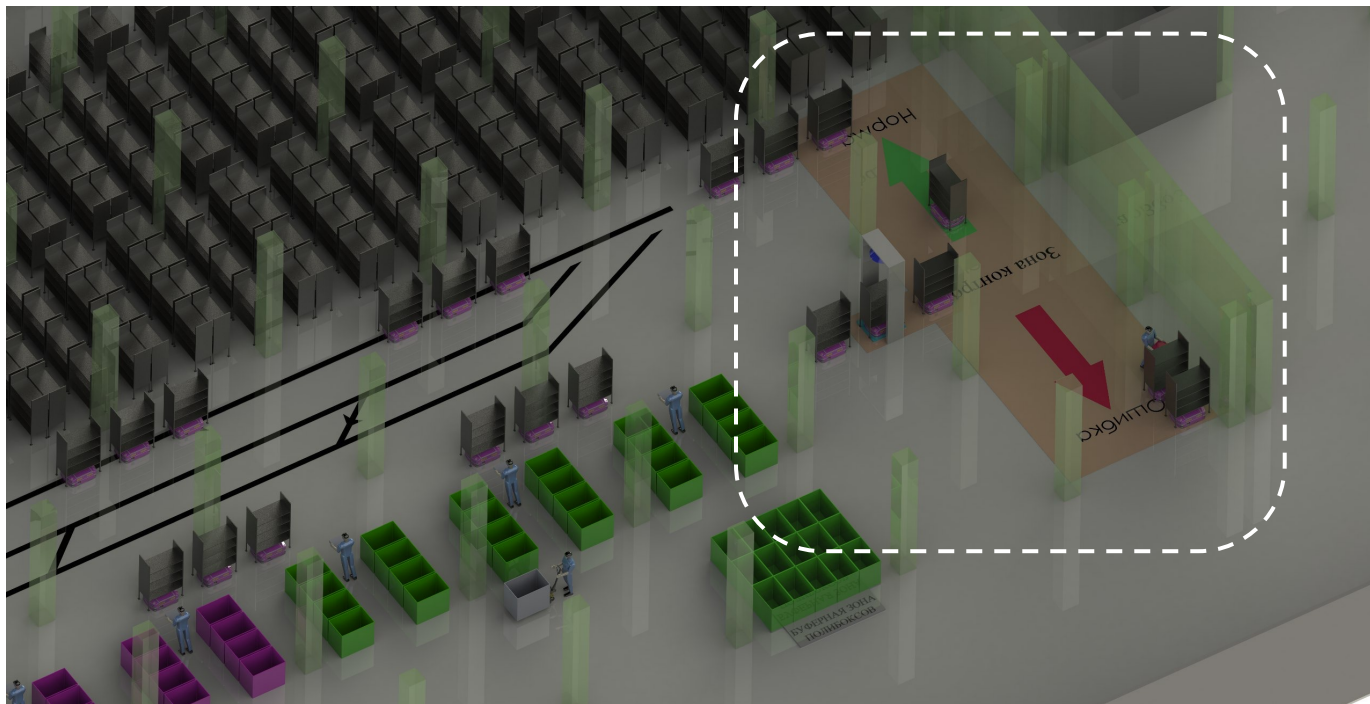
## Динамические модели в Python



# Использование машинного зрения для контроля выступов

Проезд через камеру для контроля выступов товара

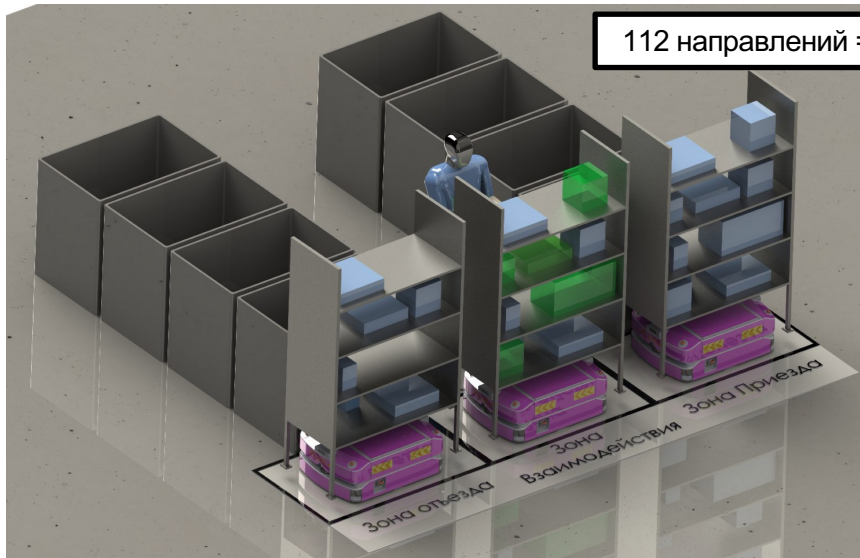
Взвешивание стеллажа



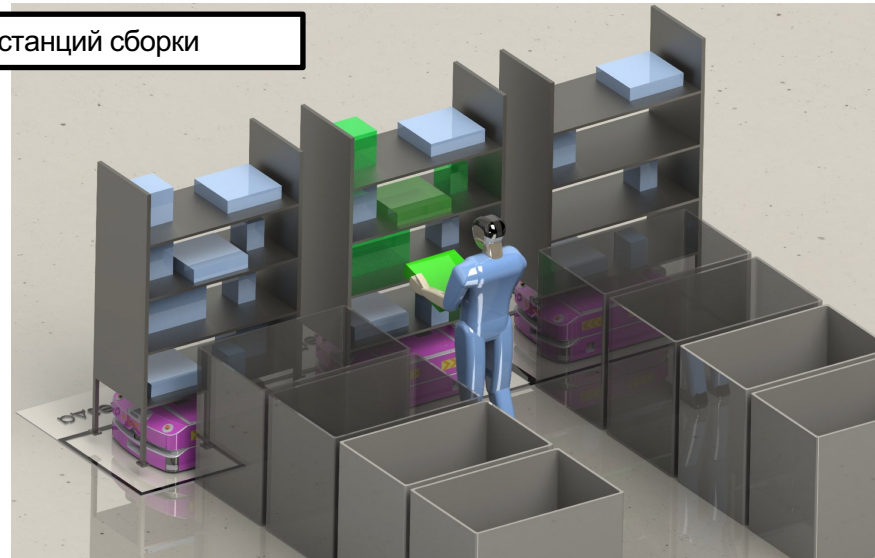


# Схема рабочей станции: сборка и сортировка до направления в 1 касание **3-в-1** (убиваем 2 этапа сортировки)

Станция сортировки до направления. На одной станции 8 полибоксов, до 8 направлений сортировки



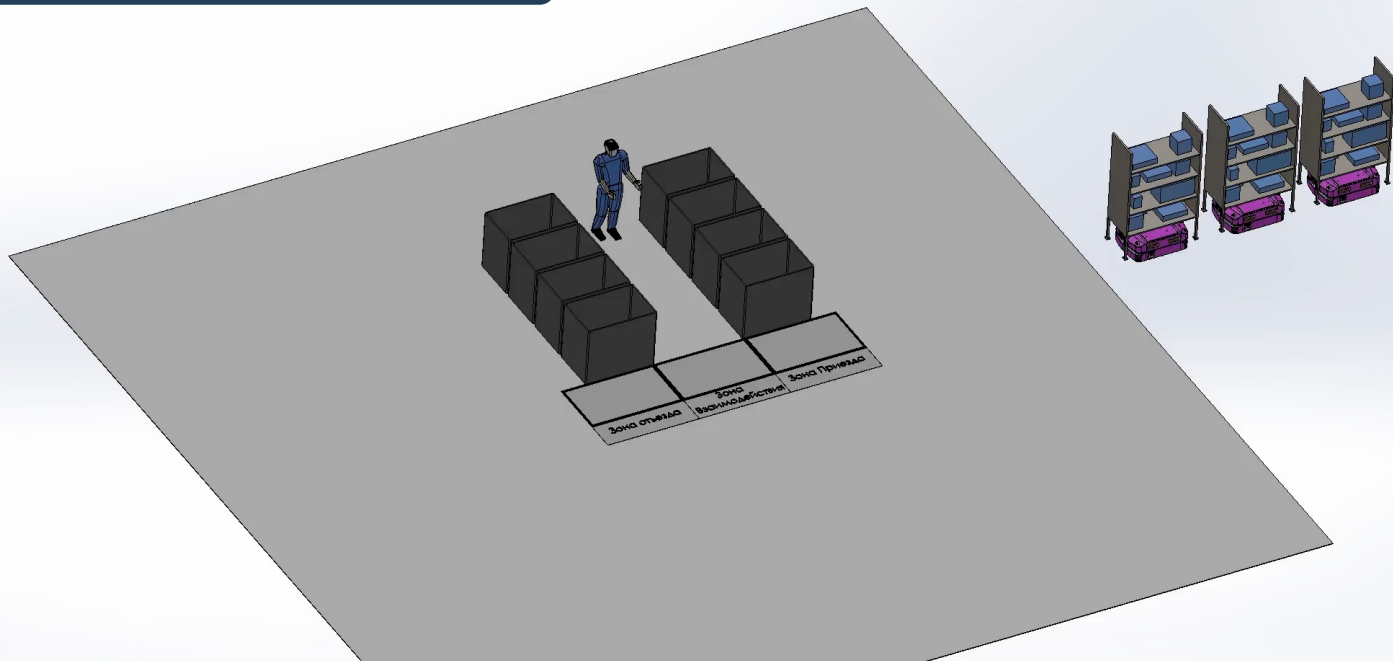
Реверсивная: можно использовать для сборки, раскладки, инвентаризации



Производительность: сборка 5 760 шт/сутки  
Раскладка – 14 400 шт/сутки

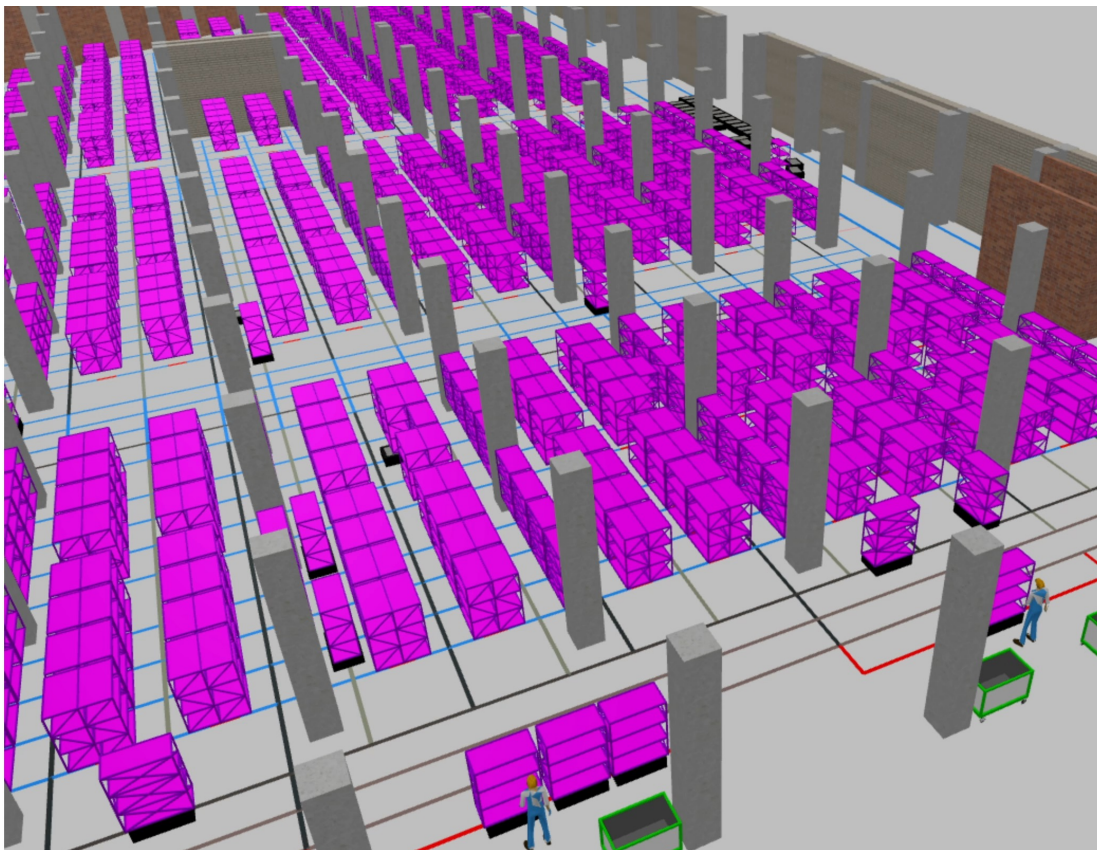
# Имитация процесса и расчет цикла сборки

Время сборки 1 штуки на станции – 17 секунд



Полный цикл сборки (среднее время пробега робота на круг) = **5мин 44сек**

# Имитационное моделирование в AnyLogic



# Бюджет и окупаемость

Сравнение вариантов		V 1.0/1200/P	V 1.0/1200/3%	V 1.0/1200/T	V 1.1/1200/P	V 1.1/1200/3%	V 1.1/1200/T	V 1.4/1200/P	V 1.4/1200/3%	V 1.4/1200/T
		РОБОТЫ сборка без сортировки, станции снизу			РОБОТЫ сортировка до направления в ПБ, станции снизу			РОБОТЫ сортировка до направления в ПБ, станции по ЦЕНТРУ		
		расчетный	целевой	тектий	расчетный	целевой	тектий	расчетный	целевой	тектий
количество стеллажей	шт	9 165	9 165	9 165	9 165	9 165	9 165	9 012	9 012	9 012
Количество товаров всего	шт	1 979 640	1 979 640	1 979 640	1 979 640	1 979 640	1 979 640	1 946 592	1 946 592	1 946 592
Сборка в сутки	шт	116 894	59 389	36 765	116 894	59 389	36 765	116 894	58 398	36 151
количество станций	шт	33	17	11	33	20	18	33	20	18
время обработки	час	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,8
<b>ФОТ перс склада</b>										
Фот ручная обработка	тыс руб/год	1 299 920 P	660 437 P	408 842 P	1 299 920 P	660 437 P	408 842 P	1 299 920 P	649 412 P	408 842 P
Фот автоматизация	тыс руб/год	648 689 P	329 573 P	204 021 P	450 768 P	229 017 P	141 772 P	450 768 P	225 194 P	141 772 P
Прочие затраты автоматизация	тыс руб/год	31 155 P	30 148 P	29 135 P	34 288 P	31 219 P	29 167 P	32 288 P	29 189 P	28 157 P
Экономия ФОТ	тыс руб/год	620 076 P	300 717 P	175 686 P	814 864 P	400 201 P	237 902 P	816 865 P	395 029 P	238 912 P
<b>Количество сотрудников</b>										
Расчетное ручная обработка	чел/смену	722	367	227	722	367	227	722	361	227
Расчетное автоматизированная обработка	чел/смену	360	183	113	250	127	79	250	125	79
Сокращение численности	чел/смену	362	184	114	472	240	148	472	236	148
<b>CAPEX</b>										
количество роботов	шт	344	267	189	498	302	215	382	250	158
Поставщик 1	млн руб									
Поставщик 2	млн руб									
Поставщик 3	млн руб									
Поставщик 4	млн руб									
Поставщик 5	млн руб									
Поставщик 6	млн руб									
Поставщик 7	млн руб									
Поставщик 8	млн руб									
<b>Срок окупаемости</b>										
Поставщик 1	лет	1,8	3,1	4,3	1,7	2,5	3,4	1,5	1,4	2,8
Поставщик 2	лет	1,0	1,8	2,6	0,9	1,4	2,1	0,8	1,2	1,8
Поставщик 3	лет	1,1	1,9	2,8	1,0	1,5	2,2	0,9	1,3	1,9
Поставщик 4	лет	0,6	1,2	1,8	0,5	0,9	1,4	0,4	0,8	1,3
Поставщик 5	лет	0,6	1,2	1,9	0,5	0,9	1,5	0,5	0,8	1,3
Поставщик 6	лет	1,8	3,0	4,2	1,8	2,5	3,3	1,4	2,0	2,7
Поставщик 7	лет	1,2	2,1	1,1	1,1	1,7	2,4	1,0	1,4	2,0
Поставщик 8	лет	1,8	3,1	4,2	1,8	2,5	3,4	1,5	2,1	2,7
0	лет									

В целевом сценарии окупаемость не превысит 2 лет

# Сравнение ключевых параметров проекта

## Ожидаемый результат не только окупаемость

Сравнение сценариев, роботизированная VS ручная сборка	
Емкость склада, всего	шт
Сборка в сутки	шт
Время обработки	час
<b>ФОТ перс склада</b>	
ФОТ ручная обработка	тыс руб/год
ФОТ автоматизация	тыс руб/год
Экономия ФОТ	тыс руб/год
<b>Количество сотрудников</b>	
Расчетное ручная обработка	чел/смену
Расчетное роботизированная обработка	чел/смену
Сокращение численности	чел/смену
<b>CAPEX</b>	
количество роботов	шт
Поставщик 1	млн руб
Поставщик 2	млн руб
Поставщик 3	млн руб
<b>Срок окупаемости</b>	
Поставщик 1	лет
Поставщик 2	лет
Поставщик 3	лет
Срок запуска проекта	месяцев

### Критерии оценки успешности внедрения

Проводим моделирование на основе расчета сравнительных сценариев: текущий процесс vs новый процесс, расчет экономических и других эффектов от изменений. Договариваемся «на берегу», что важнее для бизнеса.

Максимальное использование площадей

Сроки исполнения заказа клиента

Снижение зависимости от человеческих ресурсов

# Преимущества и риски технологии

Сборка задания за 6 минут, полный цикл сборки при автоматизации остальной цепочки можно сократить до 1-2 часов

Высокая отказоустойчивость процесса: все роботы не могут выйти из строя, а при отказе софта возможен переход на ручную комплектацию в старой технологии

Возможность применения в будущем склады:

- при замене конструктива мезонина - нужна бетонная платформенная конструкция на колоннах
- Сплошное покрытие пола (ДСП, винил и тп)
- Возможность замены пожаротушения на порошок, снижение стоимости

**Риск №1** Сроки написания софта для управления роботами

**Риск №2** Отсутствие экспертизы на рынке

**Риск №3** Срок службы робота

**Риск №4** Удорожание мезонина и снижение емкости хранения

**СПАСИБО!**

