

Поиск ограничений открытого рудника и определение требуемого количества оборудования с помощью MineTwin

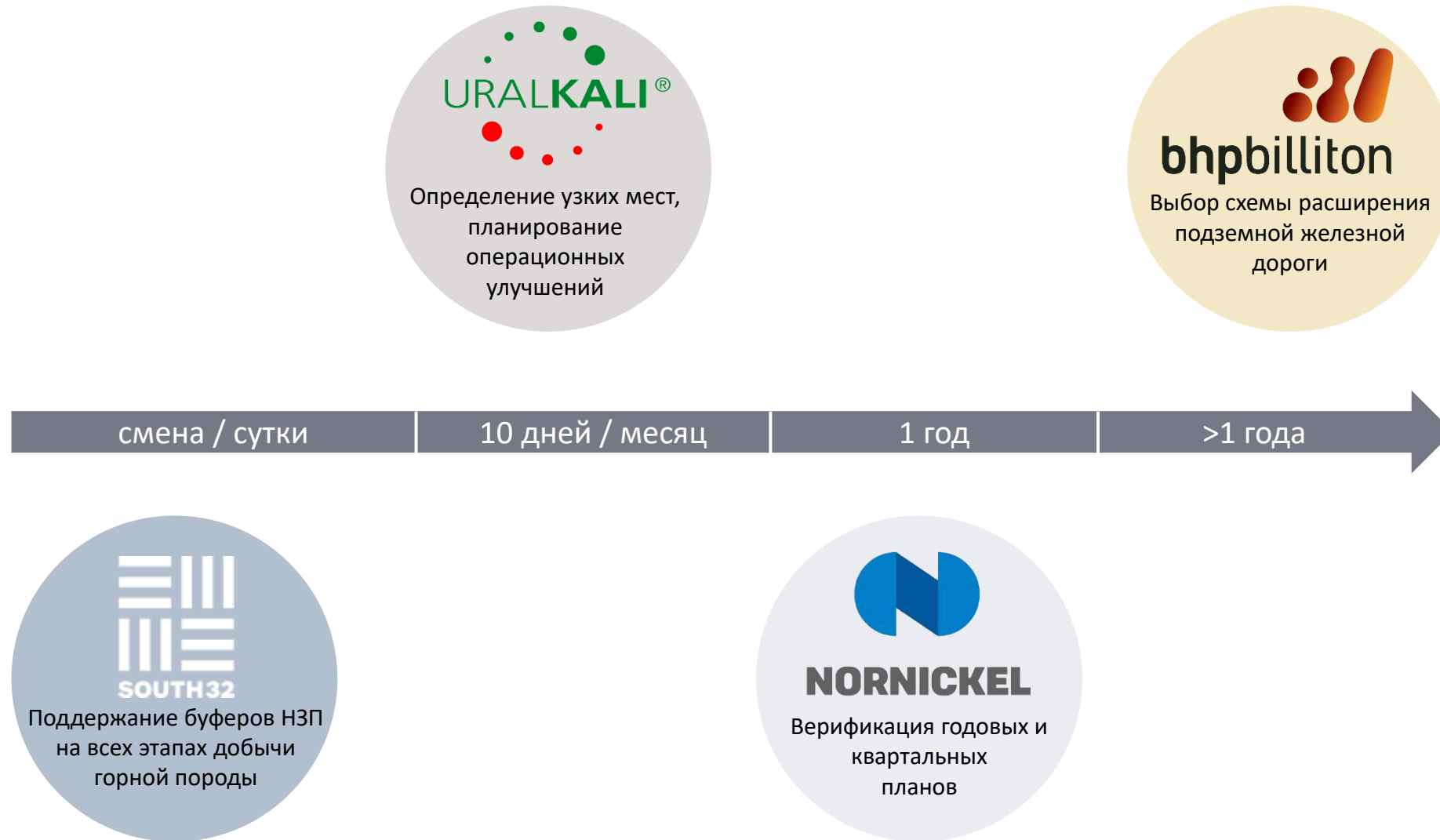
TECH MINING RUSSIA

9-10 сентября 2021 года,
Москва, Россия

Малыханов Андрей Анатольевич,
Амальгама



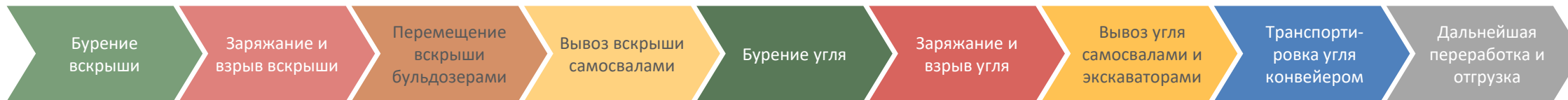
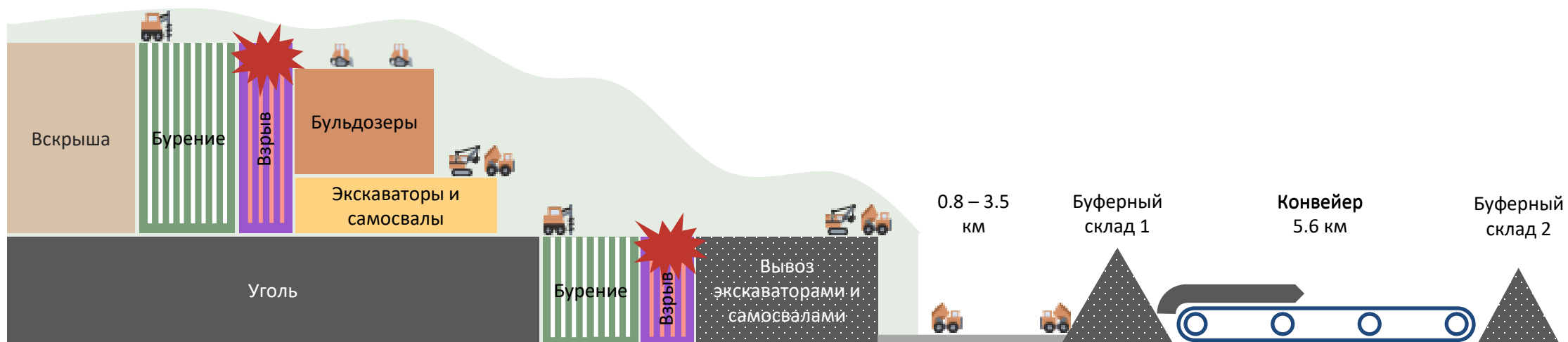
Имитационные модели широко используются при поддержке принятия решений на всех уровнях



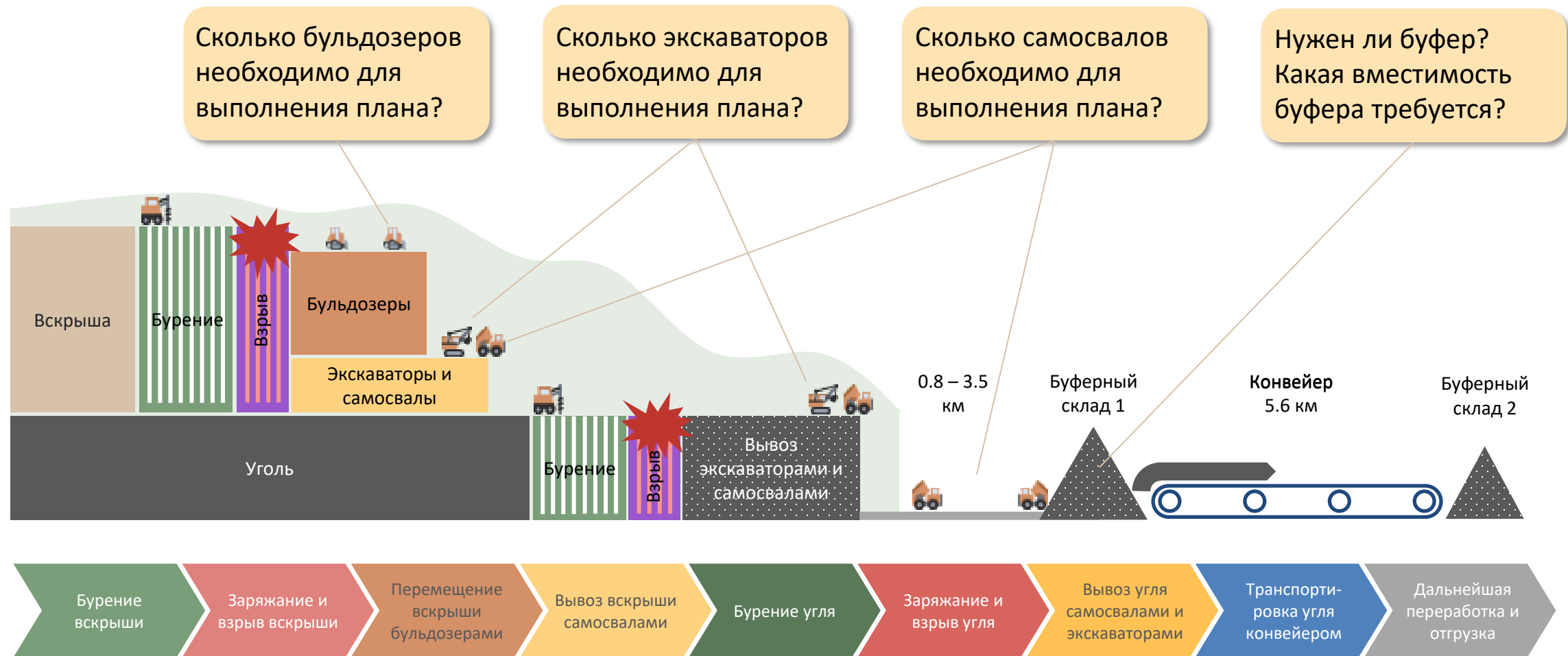
Одна из крупнейших угольных шахт в ЮАР, открытый способ добычи



Схема добычи угля



Вопросы, возникшие при увеличении количества фронтов добычи на угольной шахте

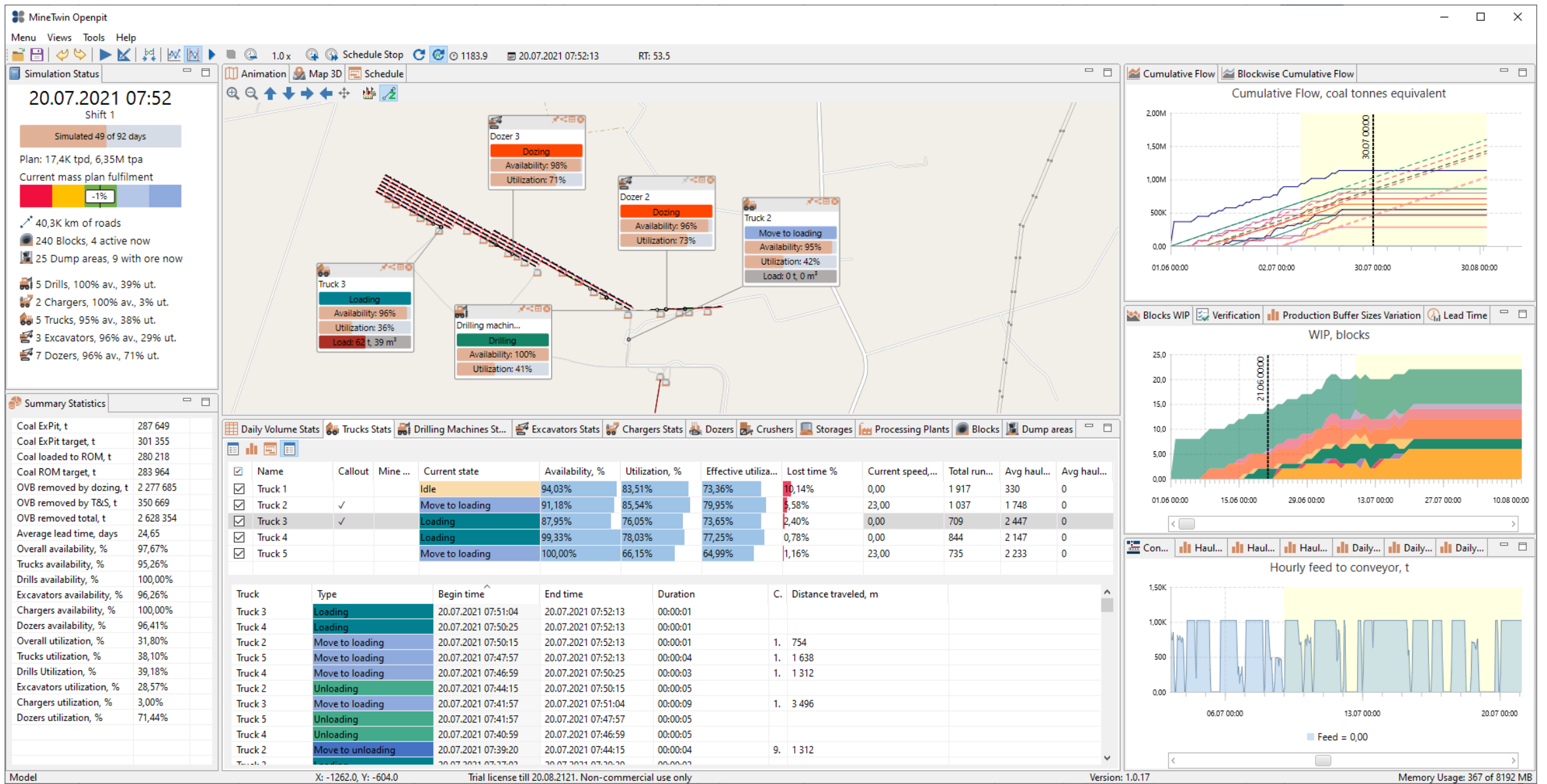


План-график проекта



Время, недели

Внешний вид имитационной модели (1/2)



Внешний вид имитационной модели (2/2)

MineTwin Openpit

Menu Views Tools Help

Simulation Status

20.07.2021 08:51
Shift 1

Simulated 49 of 92 days

Plan: 17,4K tpd, 6,35M tpa

Current mass plan fulfilment

40,3K km of roads

240 Blocks, 5 active now

25 Dump areas, 9 with ore now

5 Drills, 100% av., 39% ut.

2 Chargers, 100% av., 3% ut.

5 Trucks, 95% av., 38% ut.

3 Excavators, 96% av., 29% ut.

7 Dozers, 96% av., 71% ut.

Excavator 2

- Waiting for excava...
- Availability: 98%
- Utilization: 24%

Truck 3

- Move to loading
- Availability: 96%
- Utilization: 36%
- Load: 0 t, 0 m³

Cumulative Flow Blockwise Cumulative Flow

Cumulative Flow, coal tonnes equivalent

Summary Statistics

Coal ExPit, t	288 659
Coal ExPit target, t	302 073
Coal loaded to ROM, t	281 229
Coal ROM target, t	284 682
OVB removed by dozing, t	2 281 191
OVB removed by T&S, t	350 669
OVB removed total, t	2 631 860
Average lead time, days	24,67
Overall availability, %	97,67%
Trucks availability, %	95,27%
Drills availability, %	100,00%
Excavators availability, %	96,26%
Chargers availability, %	100,00%
Dozers availability, %	96,42%
Overall utilization, %	31,80%
Trucks utilization, %	38,13%
Drills Utilization, %	39,15%
Excavators utilization, %	28,59%
Chargers utilization, %	3,00%
Dozers utilization, %	71,47%

Blocks WIP Verification Production Buffer Sizes Variation Lead Time

Indicator	Actual value	Model value	Differer
Overburden haulage cycle duration, min	9,00	11,30	+26%
Coal haulage cycle duration, min	24,00	13,16	-45%
Overburden drilling rate, dm/day	430	732	+70%
Coal drilling rate, dm/day	35	245	+599%
Overburden dozing rate, m3/month	850 000	756 336	-11%
Average overburden haulage distance, m	150	1 372	+815%
Average coal haulage distance, m	2 400	1 563	-35%
Average overburden block mining time, days	11,00	20,35	+85%
Average coal block mining time, days	8,00	17,08	+113%

Con... Haul... Haul... Haul... Daily... Daily... Daily...

Haulage distance, m

HaulageFeature

HaulageLoadingFeature

HaulageUnloadingFeature

IdlingFeature

Model

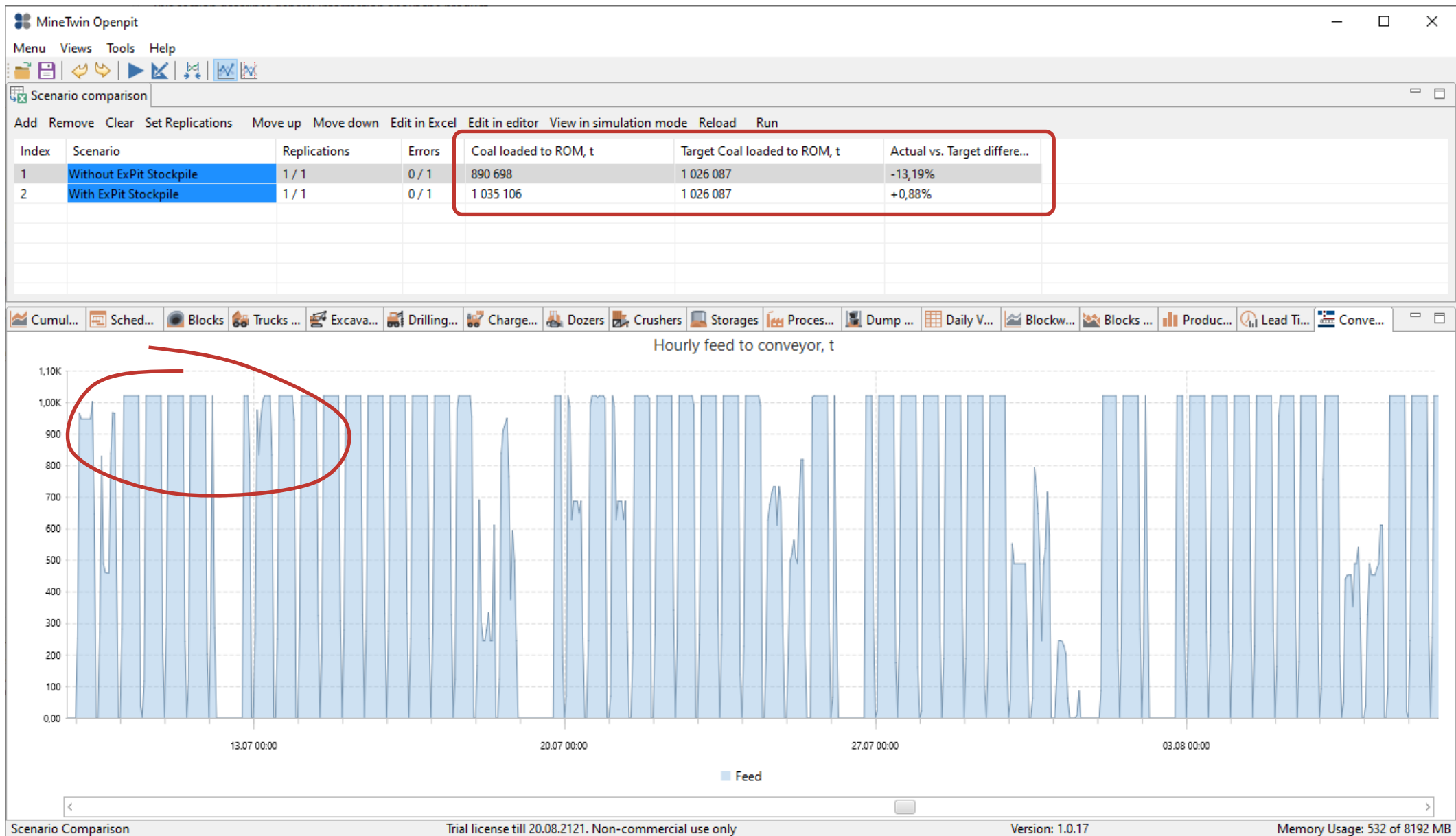
X: -1262,0, Y: -604,0

Trial license till 20.08.2121. Non-commercial use only

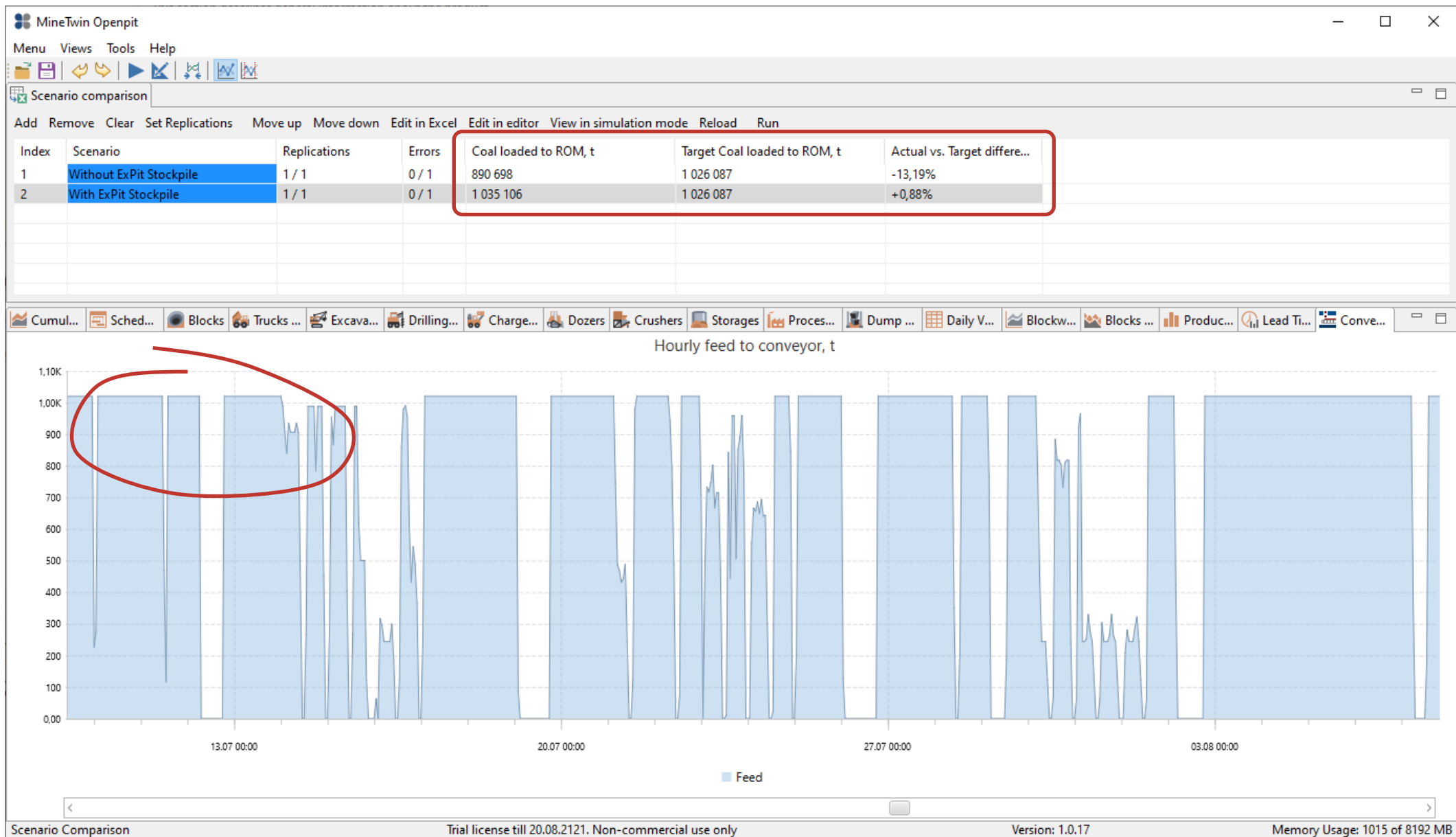
Version: 1.0.17

Memory Usage: 375 of 8192 MB

Моделирование с минимально возможным буфером перед конвейером



Моделирование с буфером перед конвейером размером 10 000 тонн



Статистический эксперимент по подбору количества самосвалов и бульдозеров

MineTwin Openpit

Menu Views Tools Help

Sensitivity Analysis

Set variation range Clear Run Edit in Excel Edit in editor View in simulation mode

Index	Scenario	Replications	Errors	Trucks cou...	Drills cou...	Chargers...	Excavato...	Dozers c...	Coal loaded to ROM, t	Target Coal loaded to ROM, t	Actual vs. Target difference, 5, t
2	roads (SA 4 Trucks 4 Excavato	3 / 3	0 / 3	4	5	2	4	5	781 837 (766 830 ... 794 411)	1 026 087	-23,80% (-25,27% ... -22,58%)
6	roads (SA 4 Excavators 5 Doze	3 / 3	0 / 3	5	5	2	4	5	829 105 (809 761 ... 844 792)	1 026 087	-19,20% (-21,08% ... -17,67%)
10	roads (SA 6 Trucks 4 Excavato	3 / 3	0 / 3	6	5	2	4	5	844 203 (831 803 ... 855 416)	1 026 087	-17,73% (-18,93% ... -16,63%)
14	roads (SA 7 Trucks 4 Excavato	3 / 3	0 / 3	7	5	2	4	5	854 637 (844 594 ... 872 616)	1 026 087	-16,71% (-17,69% ... -14,96%)
3	roads (SA 4 Trucks 4 Excavato	3 / 3	1 / 3	4	5	2	4	6	929 958 (916 210 ... 943 705)	1 026 087	-9,37% (-10,71% ... -8,03%)
11	roads (SA 6 Trucks 4 Excavato	3 / 3	0 / 3	6	5	2	4	6	964 662 (952 856 ... 982 238)	1 026 087	-5,99% (-7,14% ... -4,27%)
4	roads (SA 4 Trucks 4 Excavato	3 / 3	0 / 3	4	5	2	4	7	966 473 (954 994 ... 983 817)	1 026 087	-5,81% (-6,93% ... -4,12%)
7	roads (SA 4 Excavators 6 Doze	3 / 3	0 / 3	5	5	2	4	6	979 598 (968 402 ... 997 224)	1 026 087	-4,53% (-5,62% ... -2,81%)
15	roads (SA 7 Trucks 4 Excavato	3 / 3	0 / 3	7	5	2	4	6	1 008 377 (990 803 ... 1 019 980)	1 026 087	-1,73% (-3,44% ... -0,60%)
8	roads (SA 4 Excavators)	3 / 3	0 / 3	5	5	2	4	7	1 009 054 (1 002 769 ... 1 016 677)	1 026 087	-1,66% (-2,27% ... -0,92%)
16	roads (SA 7 Trucks 4 Excavato	3 / 3	0 / 3	7	5	2	4	7	1 031 660 (1 023 356 ... 1 038 377)	1 026 087	+0,54% (-0,27% ... +1,20%)
12	roads (SA 6 Trucks 4 Excavato	3 / 3	0 / 3	6	5	2	4	7	1 032 384 (1 030 886 ... 1 034 327)	1 026 087	+0,61% (+0,47% ... +0,80%)

Cumul... Sched... Blocks Trucks ... Excava... Drilling... Charge... Dozers Crushers Storages Proces... Dump ... Daily V... Blockw... Blocks ... Produc... Lead Ti... Convey...

Name	Mine area	Current state	Availability, %	Utilization, %	Effective utiliza...	Lost time %	Current speed,...	Total run...	Avg haul...	Avg haul...
<input checked="" type="checkbox"/> Truck 1		Idle	98,43%	89,61%	87,82%	1,79%	0,00	5 408	455	0
<input checked="" type="checkbox"/> Truck 2		Idle	95,57%	92,11%	90,22%	1,89%	0,00	2 938	1 771	0
<input checked="" type="checkbox"/> Truck 3		Idle	97,38%	89,89%	89,56%	0,33%	0,00	2 396	2 336	0
<input checked="" type="checkbox"/> Truck 4		Idle	95,40%	87,27%	86,63%	0,64%	0,00	2 357	2 304	0
<input checked="" type="checkbox"/> Truck 5		Idle	95,03%	82,85%	80,98%	1,86%	0,00	2 475	1 954	0

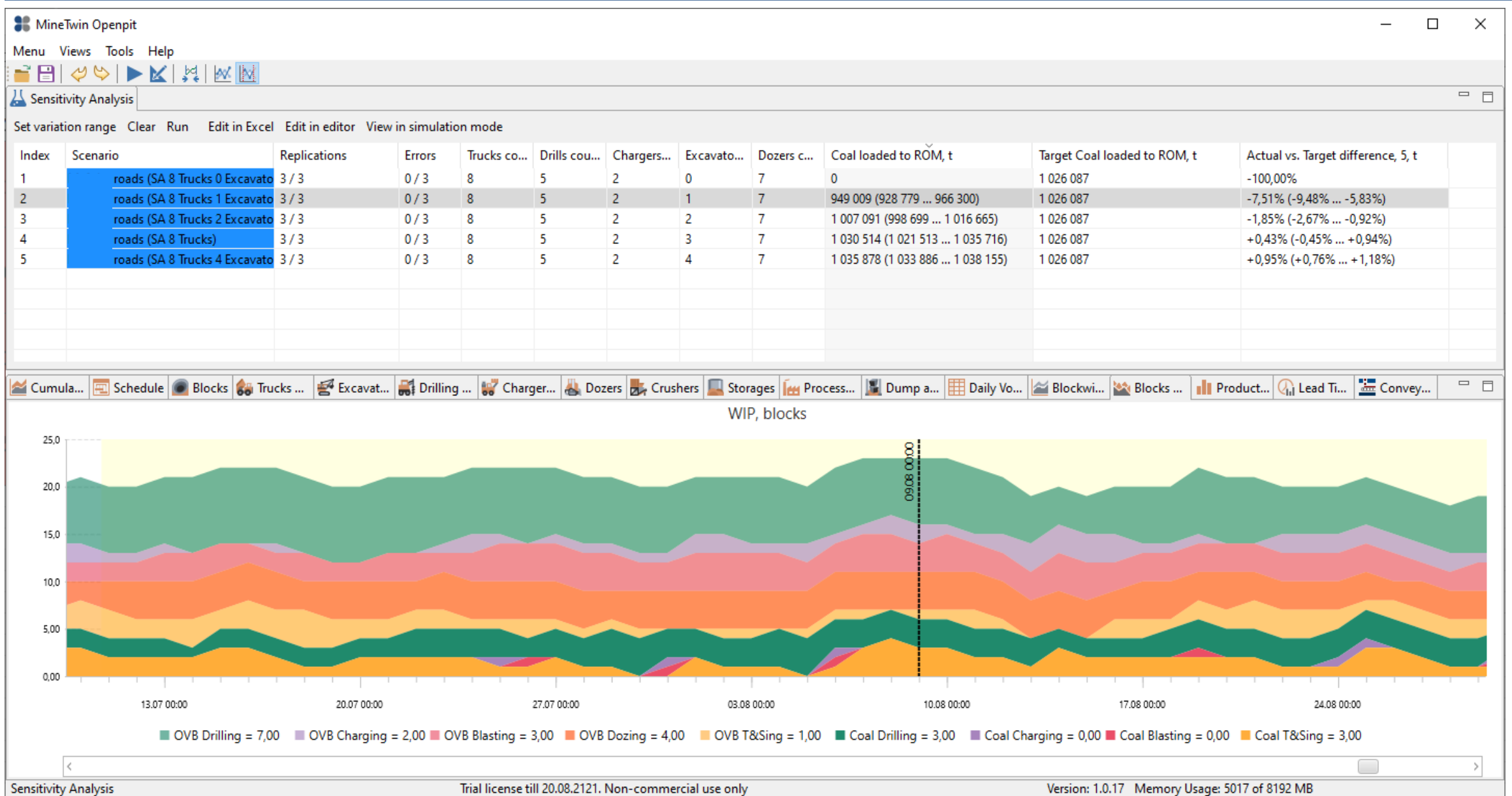
03.08.2021 10.08.2021 17.08.2021

Sensitivity Analysis Trial license till 20.08.2121. Non-commercial use only Version: 1.0.17 Memory Usage: 5687 of 8192 MB

Процент выполнения плана при доступности оборудования 95%

		Количество бульдозеров			
		4	5	6	7
Количество самосвалов	4	-35,19%	-23,80%	-9,37%	-5,81%
	5	-36,64%	-19,20%	-4,53%	-1,66%
	6	-33,39%	-17,73%	-5,99%	0,61%
	7	-33,52%	-16,71%	-1,73%	0,54%




Статистический эксперимент по подбору количества экскаваторов




Процент выполнения плана при доступности оборудования 95%

		Количество бульдозеров			
		4	5	6	7
Количество самосвалов	4	-35,19%	-23,80%	-9,37%	-5,81%
	5	-36,64%	-19,20%	-4,53%	-1,66%
	6	-33,39%	-17,73%	-5,99%	0,61%
	7	-33,52%	-16,71%	-1,73%	0,54%

Количество экскаваторов				
0	1	2	3	4
-100,00%	-7,51%	-1,85%	0,43%	0,95%

-  7 бульдозеров
-  6 самосвалов
-  3 экскаватора



Выводы

- Использование имитационных моделей для принятия оперативных и среднесрочных решений является индустриальным стандартом в горнорудной отрасли
- Современные инструменты моделирования позволяют значительно ускорить и упростить создание имитационных моделей рудников и карьеров
- Такие модели позволяют учитывать циклические зависимости, сложные ограничения и вероятностные величины, что невозможно учесть другими инструментами
- Модели позволяют поддерживать принятие количественно обоснованных решений, например:
 - Определение потенциальной производительности подземного рудника или карьера
 - Проверка выполнимости планов
 - Оценка эффекта от операционных улучшений
 - Подбор наилучшей конфигурации парка техники
 - Обоснование инвестиций