

Стенин Юрий Владимирович

кандидат технических наук,
доцент кафедры разработки месторождений
открытым способом,
Уральский государственный
горный университет,
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Ганиев Руслан Салаватович

аспирант кафедры разработки месторождений
открытым способом
Уральский государственный
горный университет
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30,
e-mail: sunmail2003@mail.ru

**К ВОПРОСУ ОБ УЧЕТЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА
ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ
ЭКСКАВАТОРНО-АВТОМОБИЛЬНОГО
КОМПЛЕКСА КАРЬЕРА**

Аннотация:

Приведены результаты исследования эффективности планирования на карьере ОАО «Ураласбест». Предложен принцип планирования, основанный на учете технологического риска невыполнения сменных заданий в процессе работы ЭАК. Произведена систематизация горно-технических факторов, обуславливающих вероятностный характер производительности экскаваторно-автомобильного комплекса. По результатам математического моделирования сменной работы экскаваторно-автомобильного комплекса получены зависимости риска невыполнения сменного задания комплексом от качества подготовки забоя экскаватора. Произведен расчет уровня риска невыполнения сменного задания автосамосвалом БелАЗ-7555 на основании хронометражных данных ОАО «Ураласбест». Сделан вывод о том, что учет риска в процессе расчета плановой производительности ЭАК в условиях карьеров ОАО «Ураласбест» позволит повысить достоверность результатов планирования и эффективность управления материально-техническими ресурсами

Ключевые слова: экскаваторно-автомобильный комплекс, планирование, риск, Ураласбест, производительность автосамосвалов

Stenin Yuri V.

candidate of technical science,
assistant professor
of the Ural State Mining University
(Open-Cast Mining Department)
620144, Yekaterinburg,
Kuibyshev st., 30

Ganiev Ruslan S.

post graduate student
of the Ural State Mining University
(Open-Cast Mining Department)
620144, Ekaterinburg, Kuibysheva st., 30.
e-mail: sunmail2003@mail.ru

**TO THE QUESTION OF CONSIDERATION
TECHNOLOGICAL RISK IN PLANNING
EXCAVATOR-TRUCK SET OUTPUT**

Abstract:

The results of efficient planning in the JSC "Uralasbest" open pit are cited. The principle of planning based on consideration technological risk in the work process failure of excavator-truck set (ETS) is proposed. The systematization of mining factors conditioning the probabilistic nature of ETS output is performed. According to the results of mathematical modeling the ETS shift work the dependences of shift task fail risk against the excavator's workplace quality are received. The calculation of the risk level for the BelAZ-7555 truck in terms of stop-watch study data from the JSC "Uralasbest" is carried out. The conclusion was drawn that the risk consideration in the process of calculating the ETS scheduled output in the conditions of the JSC "Uralasbest" open pits will improve both the truth of the planning process results and efficiency of material and technological resources management

Keywords: excavator-truck set, planning, risk, the Uralasbest, trucks' output

В процессе планирования выемочно-погрузочных работ производительность экскаваторно-автомобильного комплекса (ЭАК) карьера рассчитывается на основе горно-геологической характеристики пород в забое, технических характеристик экскаваторов и автосамосвалов, режима работы карьера, нормативной

продолжительности рабочих операций, а также данных о текущем положении горных работ и параметров технологических схем транспортирования. Значения этих факторов носят непостоянный характер, изменяясь во времени и пространстве, поэтому фактическая производительность ЭАК также является величиной непостоянной. Тем не менее на практике, при планировании сменных объемов работ в карьере, процессы выемки, погрузки и транспортирования рассматриваются как детерминированные, т.е. обладающие предопределенным, стабильным результатом. Такой подход зачастую приводит к значительным расхождениям плановой и фактической сменной производительности ЭАК.

В 2010 г. кафедрой РМОС был произведен экспресс-аудит надежности планирования и нормирования производительности автотранспорта на карьере ОАО «Ураласбест», в рамках которого была исследована эффективность существующей на комбинате системы планирования. Анализ результатов сменной работы автосамосвалов за период с 1.08.2010 г. по 15.08.2010 г., выполненный по сводкам АТП за 45 смен, показал, что сменные задания этими автосамосвалами в среднем недовыполняются на 25,3 %. при минимальном недовыполнении 1,4 – 13,5 и максимальном 36 – 58,8 [1]. По результатам оценки месячной производительности автосамосвалов тенденция расхождения плановых и фактических ее значений (рис. 1) наблюдалась та же, что и при анализе сменной производительности.

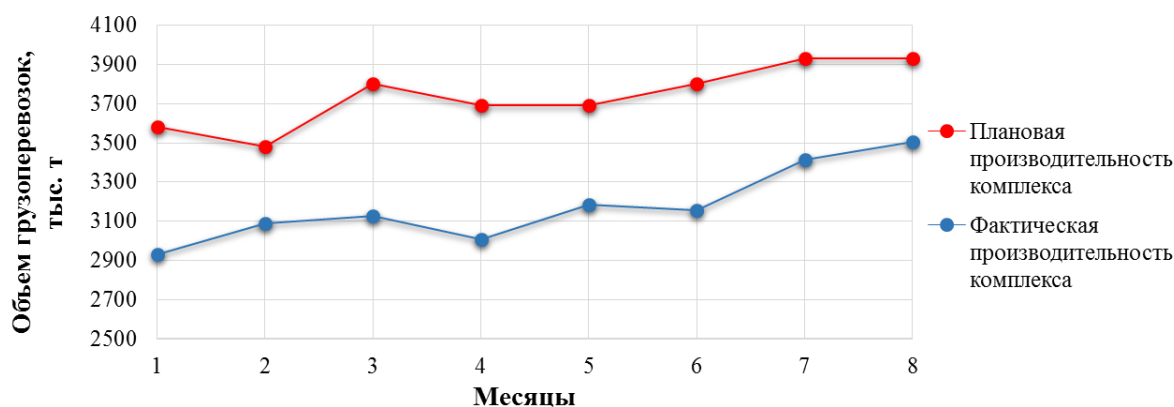


Рис. 1 – Сопоставление плановых и фактических объемов перевозок автотранспортом на карьерах ОАО «Ураласбест» за 2010 г.

При анализе выборки сводок АТП прослеживается закономерное увеличение недовыполнения сменного плана по мере усложнения трассы движения (увеличения длины откатки и высоты подъема) и по мере увеличения внутрисменных простоев оборудования. Одной из существенных причин отклонения фактической сменной выработки автосамосвалов от плановой является расхождение планируемых и фактических условий работы. Так, например, величина среднего фактического плеча откатки по комбинату в течение года практически ежемесячно превышала плановую в 1,5-2 раза (рис. 2).

Такая изменчивость значений параметров выемочно-погрузочного процесса позволяет рассматривать их как величины, обладающие определенной вероятностью. Чем больше вариантов значений может принимать каждый параметр и чем меньше уверенности в отношении возникновения конкретного его значения, тем менее определенным он является. Отсутствие точной и однозначной информации о длительности элементов рабочего цикла ЭАК, об условиях его работы и параметрах рабочей зоны, в которой протекает выемочно-погрузочный процесс, определяет степень риска невыполнения данной системой поставленной ей задачи. Величина этого риска не учитывается в процессе планирования сменных объемов выработки, что в некоторой степени снижает достоверность и надежность результатов планирования в целом.

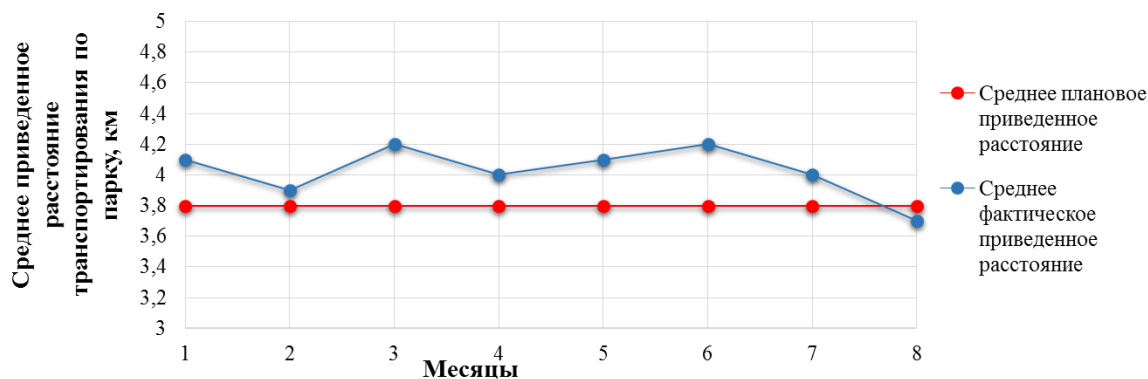


Рис. 2 – Соотношение плановых и фактических приведенных расстояний транспортирования (средние по парку автосамосвалов) на карьерах ОАО «Ураласбест»

Для получения наглядного представления о причинах возникновения риска в процессе планирования работы ЭАК изобразим процесс формирования сменной производительности комплекса схематично (рис. 3). Согласно приведенной схеме величину производительности ЭАК можно представить в виде события, которое формируется путем реализации ряда других событий (длительность погрузки, количество циклов экскавации и т. д.), являющихся вероятностными, из чего следует, что и сама производительность комплекса является событием вероятностным. В основе последовательности событий, формирующих производительность ЭАК, лежат такие горнотехнические факторы, как размер куска в развале, приведенное расстояние транспортирования, физико-механические свойства пород в забое и техническое состояние оборудования, влияние которых в первую очередь отражается на длительности погрузочно-транспортных операций, а следовательно, и на риск расхождения плановой и фактической производительности комплекса. По результатам математического моделирования сменной работы экскаваторно-автомобильного комплекса на основе результатов исследований, проведенных кафедрой РМОС на карьерах ОАО «Ураласбест» [1], а также на основе работы Репина [2] получены зависимости риска невыполнения сменного задания комплексом от качества подготовки забоя экскаватора (рис. 4).



Рис. 3 – Схема формирования сменной производительности ЭАК на основе вероятностных факторов

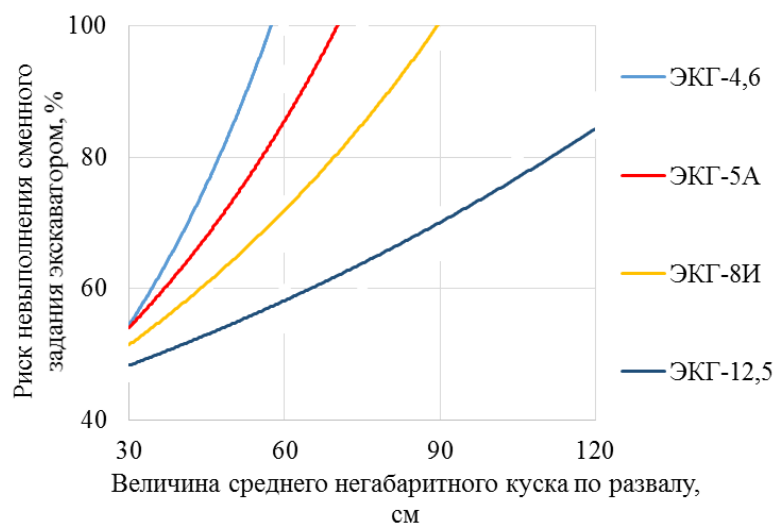


Рис. 4 – График зависимости величины риска невыполнения сменного задания экскаватором от величины среднего куска по развалу

В большинстве своем горнотехнические факторы являются параметрами технологических схем ведения работ в карьерах (схема забой – экскаватор – автосамосвал – трасса – пункт разгрузки) и значения их по различным технологическим схемам носят динамический характер. Очевидно, что риск невыполнения сменного плана экскаваторно-автомобильным комплексом будет зависеть от величины риска снижения производительности по каждой модели оборудования на конкретной технологической схеме с учетом возможного снижения производительности в силу плохого технического состояния оборудования. Это значит, что, зная заранее сочетание моделей оборудования в технологических схемах (связка экскаватор – автосамосвал), можно рассчитать ожидаемый уровень риска невыполнения сменных заданий по этим моделям оборудования, а значит, и определить возможную производительность комплекса в целом. Для этого необходимо знать предельно допустимый уровень риска, который можно определить по результатам технико-экономических расчетов в условиях конкретного предприятия, или, согласно рекомендации А.И. Арсентьева, принять на основании функции опасения, основываясь на психологических аспектах принятия решения. Таким образом, установив допустимый уровень риска, можно управлять производительностью экскаваторно-автомобильного комплекса в процессе планирования и при получении расчетной производительности, соответствующей уровню риска более высокому, чем предельно допустимый показатель, к расчету принимать более низкие значения производительности, соответствующие более низкому уровню риска.

В качестве примера оценим риск невыполнения сменного задания автосамосвалом БелАЗ-7555, работающим в Центральном карьере ОАО «Ураласбест» в комплексе с экскаватором ЭКГ-6,3УС на плече откатки, приведенная длина которого равна 2,4 км. На основе хронометражных наблюдений за работой автосамосвалов, проведенных в течение двух смен, были получены выборки по значениям параметров транспортного процесса, различным сочетаниям которых соответствуют различные значения производительности автосамосвала (см. таблицу).

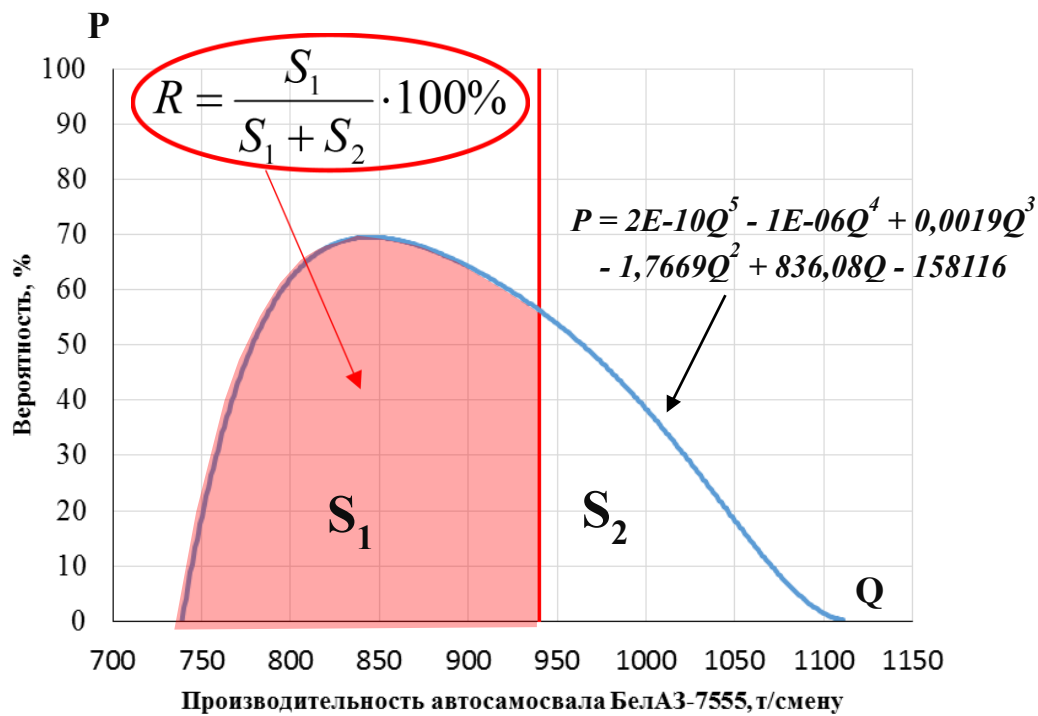
Поскольку объем выборок относительно небольшой, целесообразно будет принять гипотезу о законе распределения величин в них. Наиболее подходящим законом распределения значений временных характеристик транспортного процесса, согласно исследования российских ученых (Хохряков В.С., Ржевский В.В., Арсентьев А.И., Лель Ю.И.), является закон бета-распределения. Справедливость этого закона также подтверждается анализом результатов хронометражных наблюдений, проведенных кафедрой РМОС на ОАО «Ураласбест» в 2010 г., поэтому гипотеза принимается за истину.

**Хронометражные данные о работе БелАЗ-7555 в комплексе
с экскаватором ЭКГ-6,3УС на приведенном плече откатки 2,4 км**

Номер измерения	$t_{ож}$, мин.	$t_{манП}$, мин.	$t_{п}$, мин.	$t_{о}$, мин.	$t_{ман}$, мин.	$t_{разг}$, мин.
1	0,17	0,67	5	17,08	0,45	0,58
2	0,17	1,75	4,42	34,33	0,42	0,47
3	1,72	1	3,12	16,58	0,4	0,42
4	1,28	0,85	4,55	23	0,45	0,42
5	3,7	0,55	3	17,83	0,47	0,33
6	0,17	0,38	4,13	15,5	0,63	0,38
7	4,13	0,97	4,68	20,25	0,33	0,42
8	0,08	1,78	3,42	15,75	0,3	0,43
9	0,13	0,33	4,75	17,13	0,75	0,42
10	0,05	0,98	3,45	15,45	0,55	0,42
11	0,03	0,55	6,05	17,4	0,5	0,37
12	0,05	0,52	4,2	15,58	0,17	0,42
13	0,03	0,48	4,4	15,8	0,58	0,53
14	0,03	2,07	5,02	18,3	0,63	0,3
15	4,28	1,55	4,57	21,33	0,47	0,53
16	0,37	1,17	4,7	17,45	0,52	0,5
17	0,05	1,38	3,87	17,75	0,8	0,45
N	17	17	17	17	17	17
MAX	4,28	2,07	6,05	34,33	0,8	0,58
MIN	0,03	0,33	3	15,45	0,17	0,3

Здесь $t_{ож}$ – длительность ожидания автосамосвалом погрузки в забое; $t_{манП}$ – длительность маневров автосамосвала при погрузке; $t_{п}$ – длительность погрузки автосамосвала; $t_{о}$ – длительность оборота автосамосвала; $t_{ман}$ – длительность маневров автосамосвала при разгрузке; $t_{разг}$ – длительность разгрузки автосамосвала.

Для оценки риска мы используем метод имитационного моделирования, заключающийся в моделировании различных сочетаний этих характеристик, опираясь на то, что их значения изменяются по закону бета-распределения. В качестве границ интервала распределения были приняты максимальные и минимальные значения по выборкам, вероятность реализации принималась в интервале от 0 до 1 при помощи генератора случайных чисел в среде Excel. Общее количество просчитанных сценариев составило 1000 опытов. По каждому сценарию была вычислена величина производительности автосамосвала, после чего результаты расчетов были разбиты на интервалы и представлены на графике (рис. 5).



— Нормативное значение производительности ($Q_n = 940$ т/смену)

— Регрессионная зависимость вероятности выполнения сменного задания от величины плановой производительности автосамосвала

R – риск невыполнения сменного задания, %;

S_1 – область риска невыполнения плана, мм²;

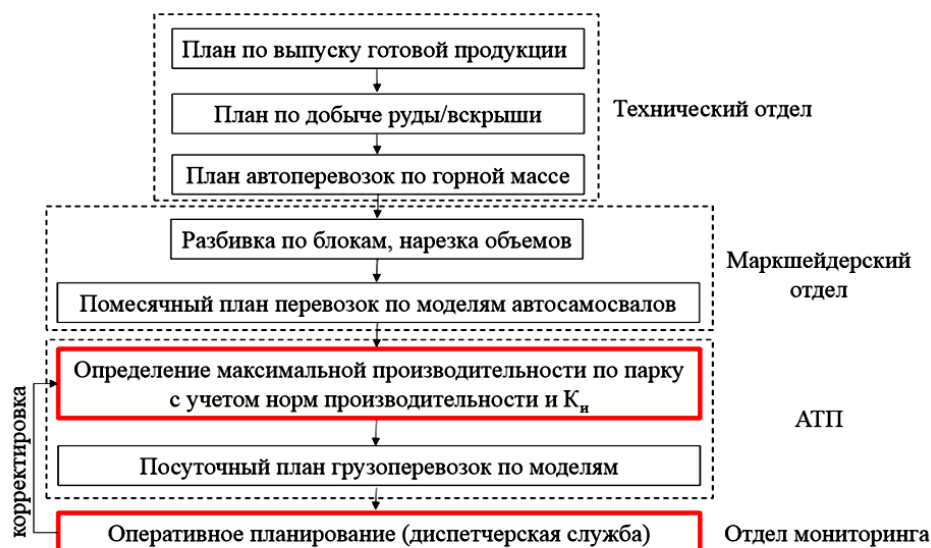
$$S_1 = \int_{940}^{736} (2E-10Q^5 - 1E-06Q^4 + 0,0019Q^3 - 1,7669Q^2 + 836,08Q - 158116)dQ;$$

S_2 – область риска перевыполнения плана, мм²;

$$S_2 = \int_{1111}^{940} (2E-10Q^5 - 1E-06Q^4 + 0,0019Q^3 - 1,7669Q^2 + 836,08Q - 158116)dQ.$$

Рис. 5 – График зависимости вероятности реализации производительности БелАЗ-7555 от ее величины

Результаты вычислений показывают, что величина сменной производительности автосамосвала БелАЗ-7555, закладываемая нормами ОАО «Ураласбест» в процессе планирования сменных объемов, не учитывает реальных условий его работы и с вероятностью 71 % сменные объемы выработки данным автосамосвалом выполняться не будут. Это говорит о низкой эффективности применяемого на комбинате подхода к планированию сменных объемов выемки и транспортирования. С целью повышения эффективности управления техническими ресурсами предприятия рекомендуется (рис. 6), где красным цветом выделены этапы планирования, на которых необходимо учитывать риск невыполнения сменного задания) использовать принцип оценки риска невыполнения сменных заданий как на стадии составления посуточных планов, так и в процессе оперативного управления комплексом, поскольку в условиях крупных карьеров автосамосвалы редко работают по закрытому циклу, в большинстве случаев перераспределяясь диспетчером между забоями в процессе смены, что приводит к смене условий работы, а следовательно, и к изменению величины риска невыполнения автосамосвалами сменного задания.



Примечание: Красным цветом выделены этапы планирования, на которых необходимо учитывать риск невыполнения сменного задания

Рис. 6 – Место оценки риска невыполнения сменных заданий в системе планирования производительности ЭАК

Таким образом, учет риска в процессе расчета плановой производительности ЭАК в условиях карьеров ОАО «Ураласбест» позволит повысить достоверность результатов планирования и эффективность управления материально-техническими ресурсами. Для снижения риска целесообразно производить мониторинг продолжительности операций погрузочно-транспортного процесса и уточнения их значений в нормах производительности, а также предусматривать меры по повышению качества подготовки забоев к выемке и качества дорожных покрытий.

Литература

1. Стенин Ю.В. Исследование причин расхождения нормативной и фактической производительности автотранспорта на карьерах ОАО «Ураласбест»: отчет о НИР / УГГУ; рук. Б.В. Стенин, Р.С. Ганиев. – Екатеринбург, 2010.
2. Буровзрывные работы на угольных разрезах / Н.Я. Репин и др.; под ред. Н.Я. Репина. - М.: Недра, 1987. – 254 с.