

А. М. Шалбаев^{1}, Г. С. Сейтказина¹*

Анализ программных обеспечений для подсчета объемов горных работ

¹ НАО «Университет имени Шакарима», г. Семей, Казахстан
* e-mail: shalbaev.2000@mail.ru

Аннотация. Подсчет объемов горных работ является одной из важных задач на действующем месторождении горной выработки. Подсчет объемов горных работ выполняется при помощи различных программных обеспечений. В данной работе представлен анализ программных обеспечений для подсчета объемов горных работ. Анализ включает в себя рассмотрение возможностей наиболее распространенных программных обеспечений, таких как ТИМ Кредо, GEOVIA Surpac, Civil 3D, Micromine, MineSight. В практической части работы представлены результаты подсчета объемов горных работ в ПО ТИМ Кредо и ПО GEOVIA Surpac. В качестве основы для подсчета объемов были взяты результаты съемочных работ за два различных промежутка времени. Объем горных работ, подсчитанный в ПО ТИМ Кредо составил 516 204 м³, в ПО GEOVIA Surpac составил 510 028 м³.

Ключевые слова: объем горных работ, открытая горная выработка, ТИМ Кредо, GEOVIA Surpac, карьер, съемка карьера

A. M. Shalbayev^{1}, G. S. Seitkazina¹*

Analysis of software for calculating mining volumes

¹ NJSC «Shakarim University», Semey, Kazakhstan
* e-mail: shalbaev.2000@mail.ru

Abstract. The calculation of mining volumes is one of the most important tasks in an active mining field. The calculation of mining operations is carried out using various software. This article presents an analysis of software for calculating mining volumes. The analysis includes consideration of the capabilities of the most common software, such as TIM Credo, GEOVIA Surpac, Civil 3D, Micromine, MineSight. The practical part of the work presents the results of calculating the volume of mining operations in TIM Credo and GEOVIA Surpac software. As a basis for calculating the volumes, the results of the quarry survey for two different time intervals were taken. The volume of mining operations calculated in TIM Credo software was 516 204 m³ and in GEOVIA Surpac software was 510 028 m³.

Keywords: volume of mining, open pit mining, TIM Credo, GEOVIA Surpac, quarry, quarry survey

Введение

Подсчет объемов горных работ – это комплекс маркшейдерских работ, выполняемый с целью определения количества горной породы. Важность подсчета объемов горных работ обуславливается тем, что от этого зависит расчет добываемых полезных ископаемых и непосредственно прибыль предприятия, на кото-

ром выполняются горные работы [1]. Согласно «Инструкции по маркшейдерскому учету объемов горных пород при добыче полезных ископаемых открытым способом» [2] подсчет объемов горных работ выполняется традиционными методами [3], а именно: графическим, аналитическим, арифметическим, горизонтальных сечений, вертикальных сечений, палеток. Выбор того или иного метода обуславливается требуемой точностью и видом выполненной съемки. Однако, на сегодняшний день, с целью автоматизации процесса по вычислению объема горных работ используются различные программные обеспечения. К наиболее применяемым можно отнести ТИМ Кредо, GEOVIA Surpac, Civil 3D, Micromine, MineSight.

Целью работы является анализ наиболее применяемых программных обеспечений для подсчета объемов горных работ, а именно ПО ТИМ Кредо и ПО GEOVIA Surpac.

Изучив возможности программных обеспечений по вычислению объема горных работ, можно выделить следующие их особенности:

ТИМ Кредо – комплекс программных обеспечений, в который входит автоматизированный процесс подсчета объемов между двумя поверхностями. Вычисление объемов выполняется по результатам создания двух смоделированных поверхностей. Так, после импорта точек создается цифровая модель местности (далее ЦММ), в которую входит цифровая модель рельефа (далее ЦМР). ЦМР создается с высокой точностью в виде *tin*-треугольников на основе импортированных в проект точек. Далее по результатам двух смоделированных поверхностей вычисляется объем [4].

GEOVIA Surpac – программное обеспечение для планирования горных, маркшейдерских и геологических работ. Одной из функций GEOVIA Surpac является вычисление объемов горных работ. В первую очередь выполняется импорт точек, по которым создается цифровая топографическая модель (далее ЦТМ) в виде *tin*-треугольников. Далее создается вторая ЦТМ и ограничивающая поверхность (ограничивающий стринг), после выполняется вычисление объема.

Civil 3D – программное обеспечение для проектирования и выполнения геодезических работ, в одну из функций которого входит подсчет объемов. Вычисление объемов выполняется путем создания двух 3D поверхностей и вычета одной из другой [5].

Micromine – программное обеспечение для проектирования и выполнения горных, маркшейдерских и геологических работ, в функции которой входит подсчет объемов горных работ.

MineSight – программное обеспечение для оптимизации маркшейдерских и горных работ, одной из функций которого является вычисление объемов горных работ [6].

Подсчет объема горных работ в ПО ТИМ Кредо и GEOVIA Surpac

Основой для выполнения подсчета объемов горных работ являются результаты съемочных работ. Съемочные работы для месторождений открытого типа выполняются с использованием различных приборов и технологий. К наиболее

распространенным видам съемочных работ относят: съемка с применением ГНСС-технологий, съемка с использованием беспилотных летательных аппаратов, съемка лазерным сканером и тахеометрическая съемка.

В данной работе подсчет объемов горных работ выполнялся по результатам съемки с применением ГНСС-технологий, а объектом исследования является карьер «Южный». На данный момент съемочные работы с применением ГНСС-технологий являются наиболее распространенным методом на месторождениях открытого типа. Съемочные работы с применением ГНСС-технологий являются менее трудоемкими в сравнении с тахеометрическими съемочными работами и более доступными в сравнении со съемочными работами с применением лазерного сканера или беспилотных летательных аппаратов.

Объем горных работ подсчитывался в двух описанных выше программных обеспечениях ТИМ Кредо и GEOVIA Surpac. Основой для подсчета объема горных работ были результаты двух съемок за два разных промежутка времени. Результаты съемочных работ за первый промежуток времени можно считать исходной поверхностью, а результаты съемочных работ за второй промежуток времени можно считать измененной поверхностью. Разница между двумя поверхностями является объемом горных работ за данный период времени.

Для начала вычисление объемов горных пород выполнялось в комплексе программных обеспечений ТИМ Кредо.

В первую очередь необходимо импортировать координаты точек исходной поверхности. Далее по такому же принципу был выполнен импорт координат точек измененной поверхности.

Следующим шагом было создание ЦММ в виде tin-треугольников для двух поверхностей (рис. 1, 2).

После создания ЦММ для двух поверхностей был выполнен подсчет объемов горных работ (рис. 3). Согласно цветовому заполнению розовым цветом обозначена насыпь, зеленым цветом обозначена выемка. Результатом стала выпущенная ведомость объема горных работ (рис. 4)

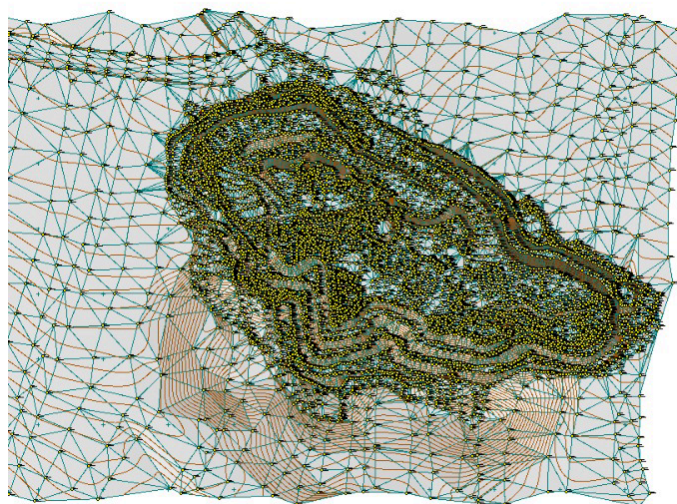


Рис. 1. ЦММ для исходной поверхности

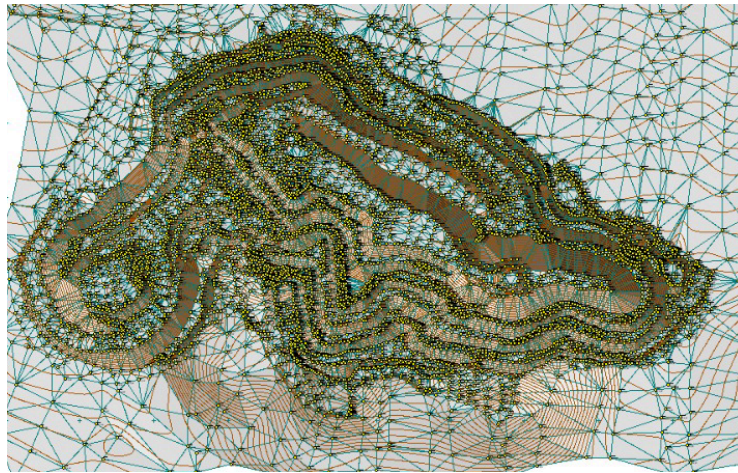


Рис. 2. ЦММ для измененной поверхности

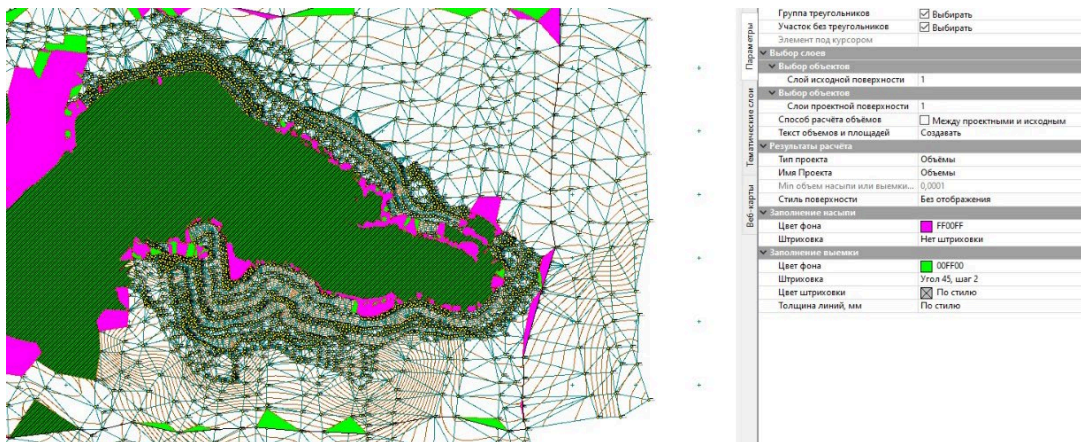


Рис. 3. Цветовое представление выемки и насыпей

Согласно результату вычисления в программном обеспечении ТИМ Кредо объем горных работ составил 516 204 м³.

Ведомость объемов работ

исходный слой	Основная_поверхность	проекта	Объемы
проектный слой	Измененная_поверхность	проекта	Объемы
Наименование	Объем, м3		Площадь, м2
Выемка	516204		51515
Итого:	516204		51515

Дата: 15.04.2024

Рис. 4. Отчет по вычислению объема горных работ в ТИМ Кредо

Используя те же самые результаты съемочных работ, был вычислен объем горных работ в программном обеспечении GEOVIA Surpac. В первую очередь был выполнен импорт исходной съемки карьера в формате .dwg и создание ЦТМ в виде tin-треугольников исходной поверхности (рис. 5).

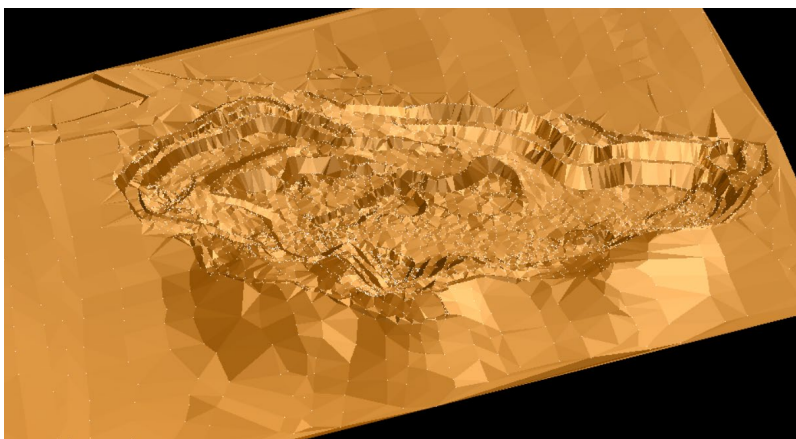


Рис. 5. ЦТМ для исходной поверхности

Далее был выполнен импорт съемки карьера после изменений в формате .dwg и создание ЦТМ в виде tin-треугольников измененной поверхности (рис. 10).

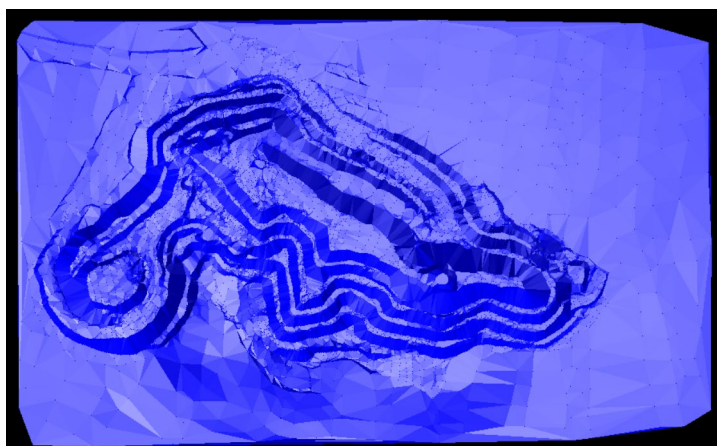


Рис. 6. ЦТМ для измененной поверхности

Создания двух ЦТМ недостаточно для подсчета объема горных работ, для достоверного результата необходимо начертить ограничивающую поверхность (рис. 7).

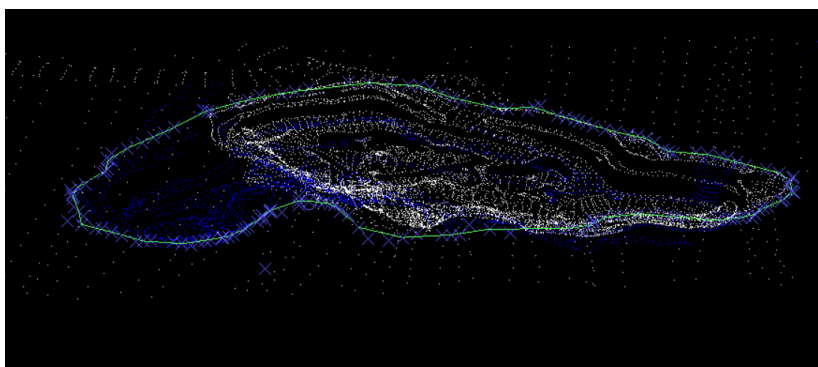


Рис. 7. Ограничивающая поверхность

Отличительной особенностью возможностей GEOVIA Surpac от ТИМ Кредо является то, что в GEOVIA Surpac можно исследовать созданные ЦТМ в 3D пространстве (рис. 8). ЦТМ желтого цвета принята за исходную поверхность, ЦТМ синего цвета принята за измененную поверхность. Как видно по рисунку синяя ЦТМ более вытянута в сравнении с желтой ЦТМ, это показывает как изменилась горная выработка.

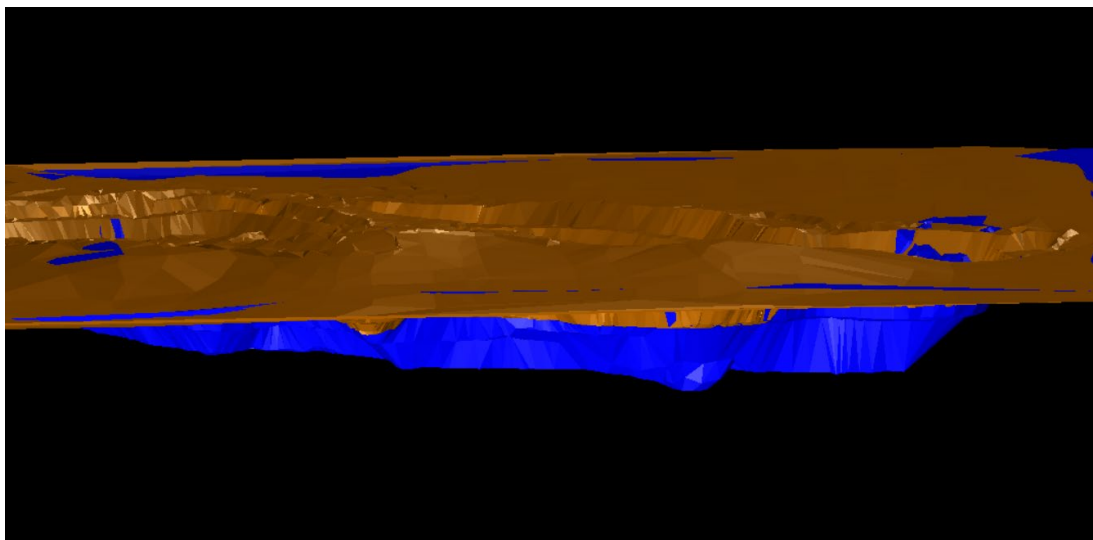


Рис. 8. Созданные ЦТМ в 3D пространстве

Далее можно вычислить объем горных работ указав в качестве первой ЦТМ исходную поверхность, второй ЦТМ измененную поверхность, ограничивающего стринга (рис. 9).

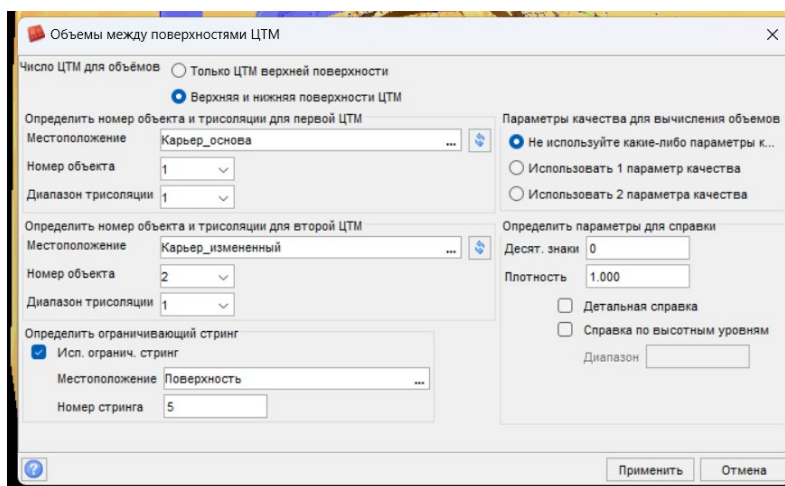


Рис. 9. Процесс вычисление объемов горных работ

Согласно результату вычисления в программном обеспечении GEOVIA Surpac объем горных работ составил 510 028 м³ (рис. 10).

Объем от поверхности до поверхности: 510028
Тоннаж нетто: 510028
Проверка площади огранич. строга в горизнт. проекции: 89359
Суммарная площадь поверхности: 209129

Сводка по ЦТМ

	Верхняя Поверхность	Нижняя Поверхность
Назначение		
Цтм Файл	карьер_основа.dtm	Карьер_измененный.dtm
Количество Точек Данных	8011	7669
Количество Треугольников	15625	14899
Z Нач. Отсчета	540	540
Z Min	564	545
Z Max	611	611
Объем От Исходного Уровня	3906298	3396269
Площадь Поверхности Треугольников Цтм	99916	109212
Площадь Горзонт. Проекции	89359	89359
Ном. Сегмента	1	1

Рис. 10. Отчет по вычислению объема горных работ в GEOVIA Surpac

Заключение

Таким образом, подсчет объемов горных работ является одной из важных задач на действующем месторождении горной выработки. В данной работе представлен анализ программных обеспечений для подсчета объемов горных работ, а именно представлены результаты подсчета объемов горных работ ПО ТИМ Кредо и ПО GEOVIA Surpac. В качестве основы для подсчета объемов были взяты результаты съемок с применением ГНСС-технологий карьера «Южный» за два различных промежутка времени. Объем горных работ, подсчитанный в ПО ТИМ Кредо составил 516 204 м³, в ПО GEOVIA Surpac составил 510 028 м³. Разница в объемах, полученных в двух различных системах, составляет 6 176 м³, что указывает на различия в алгоритмах расчета и моделирования поверхности, используемых в этих программных продуктах. Важно отметить, что для горной промышленности такие различия могут быть значительными, особенно при больших объемах работ. Тем не менее, в остальных случаях оба программных продукта демонстрируют достаточную точность в расчетах объемов горных работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Середович В. А., Иванов А. В., Середович А. В., Деметьева О. А. Совместное использование геологических данных и результатов наземного лазерного сканирования для определения объемов добычи полезных ископаемых // VI Международный научный конгресс «ГЕО-Сибирь-2010» направления «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск, 2010. – С. 95-98.
2. Инструкция по маркшейдерскому учету объемов горных работ при добыче полезных ископаемых открытым способом (РД 07-604-03). Серия 07. Выпуск 13/Колл. авт. - М.: Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2004. - 32 с.
3. Сапронова Н. П. К вопросу определения точности подсчета объемов горной массы на открытых разработках // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2011. № 5. - С. 154-159.
4. Фаттахов Э. Р. Использование комплекса CREDO в маркшейдерском деле на открытых горных работах // Маркшейдерский вестник. - 2009. № 1 (69). - С. 30-34.

5. Циношкин А. Г., Редькин В. А. Создание 3D модели месторождения и подсчет объемов горных работ при календарном планировании с использованием программного обеспечения AutoCAD Civil 3D, на примере Апсатского каменноугольного месторождения // Уголь. - 2017. № 3 (1092). - С. 66-69.

6. Исаков В. С. Программное обеспечение для оптимизации процессов добычи в горнодобывающей промышленности: обзор основных программ // Вестник науки. - 2023. Т. 3. № 2 (59). - С. 214-217.

© А. М. Шалбаев, Г. С. Сейтказина, 2024