ГЕОМЕХАНИКА, ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ДЕЛО И КАДАСТР

GEOMECHANICS, GEODESY, MINE SURVEYING AND CADASTRE

УДК [622.1:528](031)

М.Ю.ВАСИЛЬЕВ, *аспирант, myv1307@rambler.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (*технический университет*)

M.U.VASILIEV, *post-graduate, myv1307@rambler.ru*
Saint Petersburg State Mining Institute (*Technical University*)

ОСОБЕНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОТВАЛА ФОСФОГИПСА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЛАЗЕРНОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ СЪЕМКИ

Изложены особенности методики лазерно-сканирующей съемки отвала и обработки ее результатов. Выполнена оценка точности съемки и построена трехмерная модель, по которой определены геометрические параметры для оценки устойчивости откосов отвала.

Ключевые слова: триангуляционная модель отвала, точность регистрации сканов, оценка устойчивости откосов.

FEATURES TECHNOLOGY OF MODELLING WASTE BANK PHOSPHITE BY RESULTS TO LASER-SCANNING SURVEY

Features of a technique of lazer – scanning survey of waste bank and processing of its results are stated. The estimation of accuracy of survey is executed and the constructed three-dimensional model on which define geometrical parameters for an estimation of stability of highwall slope.

Keywords: triangulable model of waste bank, accuracy of registration scans, an estimation of stability of highwall slope.

В связи с расширением границ отвала, встала задача оценить устойчивое состояние откосов, для возможности увеличения его высоты. Для проведения этой оценки встала необходимость определения его геометрических параметров (высоту и угол наклона откосов). Отвал фосфогипса занимает площадь примерно в 1000000 м^2 (100 гектар), его высота составляет 50-55 м, а сложная геометрическая форма осложняет процесс съемки. Поэтому было принято решение произвести лазерно-сканирующую съемку, которая позволила определить углы откосов практически в любом месте по периметру отвала. Съемка производилась лазерным сканером Riegle LMS 420i.

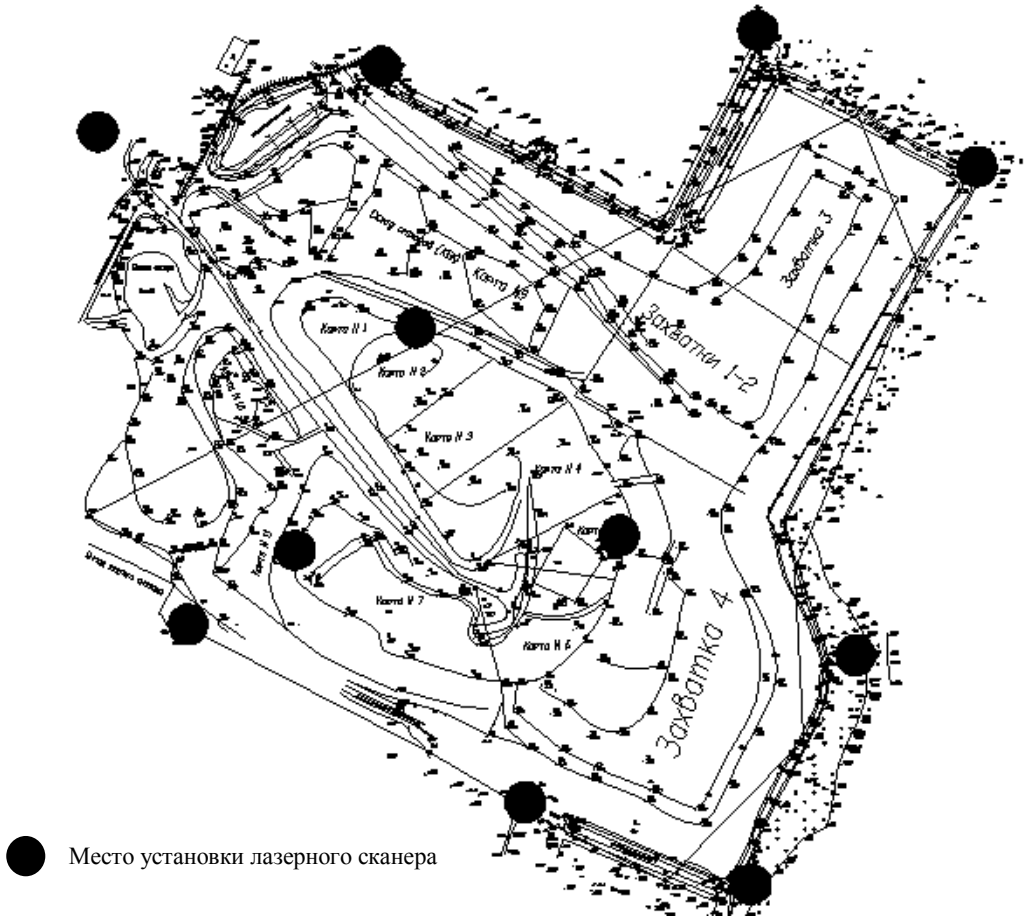


Рис.1.Схема лазерно-сканирующей съемки

Данный прибор выбран из-за его дальности действия, которая составляет около 1000 м. Перед началом процесса съемки лазерным сканером было создано основное планово-высотное обоснование (ПВО) и рабочее планово-высотное обоснование (ПВО). Для последующей ориентировки сканов в единой системе координат при сканировании использовались марки внешнего ориентирования, которые снимались электронным тахеометром. На каждой стоянки выставлялось 5-6 марок по спирали на расстоянии 10-30 м от места стояния сканера и с разницей высот не менее 1 м для более точного ориентирования сканов. Всего было сделано 11 стоянок сканера (рис.1).

В результате полностью охвачен отвал по периметру и частично его верхняя часть.

Управление сканером и ориентировка сканов в местной системе координат производилась по маркам внешнего ориентирования с помощью программного продукта RiSCAN PRO.

В результате съемки были получены 11 трехмерных точечных моделей (сканов). Для надежности и получения удовлетворяющей плотности точек для построения модели поверхности из-за большого расстояния (200-400 м) была повышена плотность сканирования, что привело к избыточности информации на малых расстояниях. Так же в сканируемую область попала «не нужная информация» (деревья, кустарник, работающие машины и механизмы, объекты за пределами границы отвала и др.), поскольку сканирование производилось на 360 градусов в горизонтальной плоскости. В результате полностью охвачен отвал по периметру и частично его верхняя часть.



Рис.2. Сравнение сечений двух смежных сканов в AutoCAD

Управление сканером и ориентировка сканов в местной системе координат производилась по маркам внешнего ориентирования с помощью программного продукта RiSCAN PRO.

В результате съемки были получены 11 трехмерных точечных моделей (сканов). Для надежности и получения удовлетворяющей плотности точек для построения модели поверхности из-за больших расстояниях (200-400 м) была повышена плотность сканирования, что привело к избыточности информации на малых расстояниях. Также в сканируемую область попала «не нужная информация» (деревья, кустарник, работающие машины и механизмы, объекты за пределами границы отвала и др.), поскольку сканирование производилось на 360 градусов в горизонтальной плоскости. Из-за чего сканы включали в себя около 50 % не нужной информации. Это объясняется тем что, работая в условия низкой температуры стояла задача потратить как можно меньше времени на одной стоянке сканера без выделений области сканирования, поскольку последнее увеличивает временные затраты в полтора, два раза. Полученный в результате этого скан, занимал объем памяти в формате файла «TXT» около 70 МБ, а формате «DXF» – около 150 МБ. Поэтому первая стадия обработки проводилась в программном продукте Geomagic Studio 11, который позволяет убрать не нужные точки и отфильтровать оставшиеся путем равномерного разрежения плотности скана до оптимальных параметров – 4-6 точек на квадратный метр.

После получения оптимальных точечных моделей была построена триангуляционная модель поверхности в различных программных продуктах: GModeler и Rapidform XOR2 для их сравнения и дальнейшей обработки. GModeler позволяет быстро строить триангуляционную модель и редактировать ее: убирать пики полученные в результате ложных отражений, помехи от столбов электропередачи, деревьев, осветительных вышек и т.д. При построении модели можно задавать шаг триангуляционной сети и полностью перекрыть «мертвые» зоны (места где отсутствуют точки лазерных отражений), что позволяет создать оптимальную модель для дальнейшей обработке ее в AutoCAD. В этом программном продукте производится построения бровок отвала. GModeler как и многие другие программные продукты не позволяет это делать в автоматическом режиме хотя может строить горизонтали. Функция построения горизонталей используется для построения плана верхней плоскости отвала. Один из главных плюсов GModeler, прямой экспорт в AutoCAD.

По данной модели поверхности в программном продукте AutoCAD построены и нанесены на план верхняя и нижняя бровки откосов отвала. По результатам лазерно-сканирующей съемки их положение изменилось. На модели построенной в Rapidform XOR2 хорошо видны «мертвые» зоны, что при следующей съемки позволит более точно спланировать работы по сканированию отвала

Rapidform XOR2 позволяет построить разрезы по плану, плоскости сечения с неизменными координатами, секущая разноименные сканы в одном и том же месте. Это позволяет выполнить оценку точности съемочных работ путем сравнения сечений разных сканов в зонах перекрытия. По построенным сечения видно, что сканы имеют

ошибку положения в плане, колеблющуюся от 20 до 30 см (рис.2). Таким образом данные погрешности хоть и позволяют построить план отвала и определить его геометрические параметры, но наблюдение за возможным сдвижением отвала исключено, так как данные погрешности соизмеримы с самими сдвижениями. Поэтому предлагается рассматривать сканы по отдельности, а определять сдвижения на разновременных сканах по тем же сечения, но не сшивать сканы, а закладывать репера-марки относительно которых и будет производится построение сечений в одних и тех же местах на разновременных сканах путем привязки этих сечений к маркам. После чего, сравнивая профили этих сечений, а не высотное положение соответствующих точек до и после сдвижений, можно получить оседания, наклоны и кривизну откосов.

Затем в программном продукте GModeler были построены 16 сечений (S_1-S_16) откосов, включая откосы в местах изгиба уступа отвала. Для определения углов откосов эти сечения были экспортированы в AutoCAD, где и производились все измерения.

В результате были получены углы падения откосов, которые колеблются в пределах от 21 до 29 градусов и используя которые была произведена оценка устойчивости отвала в различных его частях. Более подробно углы падения представлены на рис.3.

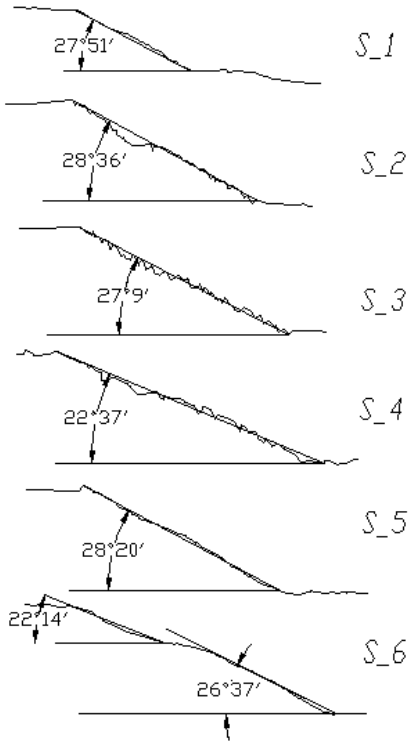


Рис.3. Сечения S_1-6

В итоге по данным лазерно-сканирующей съемки были построены объемные модели поверхности отвала, оценена точность съемочных работ и получены геометрически параметры отвала. А так же предложена методика наблюдения за сдвижениями при применении лазерно-сканирующей измерительной системы.