

generalizing the possible schemes of cargoes haulage by the rope transport, choosing the single criterion for evaluation of energy required for moving of cargoes and making the algorithm of its calculation.

**Findings.** Existing methodologies for determining energy efficiency of transport systems of open cast mines have been generalized and systematized, and the most significant factors determining it have been identified.

Algorithm of determination of specific energy consumption of transportation by means of rope systems has been developed and dependence of energy consumption on the inclination angle of the mine working for recommended transport and technological delivery schemes of cargo have been set.

**Originality.** Dependences of energy consumption on the inclination angle of the mine working of rope transport facilities in opencast mining have been established for the first time and on the basis of this analysis the rational transport and technological schemes have been offered.

**Practical value.** Recommendations about introduction of the surface rope road in opencast mining have been developed. Use of surface rope roads reduces transport system energy consumption by 30%.

**Keywords:** *assessment of efficiency, energy consumption, surface rope road, energetic method, energy criterion*

*Рекомендовано до публікації докт. техн. наук О.С. Пригуновим. Дата надходження рукопису 21.05.12.*

УДК: 622.266.001.57

**В.И. Пилюгин<sup>1</sup>**, д-р техн. наук,  
**А.В. Мартовицкий<sup>1</sup>**, канд. техн. наук,  
**А.Е. Кочин<sup>2</sup>**, канд. техн. наук, доц.,  
**А.Н. Романов<sup>2</sup>**

1 – ПАО „ДТЭК Павлоградуголь“, г. Павлоград, Украина,  
e-mail: v\_domna@yahoo.com

2 – Государственное высшее учебное заведение „Донецкий национальный технический университет“, г. Донецк, Украина

## ГОРНО-ГРАФИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ К ПАКЕТУ AUTOCAD

**V.I. Pilyugin<sup>1</sup>**, Dr. Sci. (Tech.),  
**A.V. Martovitskiy<sup>1</sup>**, Cand. Sci. (Tech.),  
**A.Ye. Kochin<sup>2</sup>**, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor,  
**A.N. Romanov<sup>2</sup>**

1 – Public Joint-Stock Company “Donbass Fuel Energy Company “Pavlogradugol”, Pavlograd, Ukraine,  
e-mail: v\_domna@yahoo.com

2 – State Higher Educational Institution “Donetsk National Technical University”, Donetsk, Ukraine

## MINING-GRAPHICAL APPLICATION TO AUTOCAD

**Цель.** Разработать трехмерную 3D модель сети горных выработок для угольных шахты ПАО „ДТЭК „Шахта Комсомолец Донбасса“.

**Методика.** В области технических продуктов моделирования и визуализации в последнее время наиболее значимым является пакет AutoCAD, на базе которого, в результате множественных разработок, было создано программное обеспечение PLAST, позволяющее использовать его как полноценное горно-графическое приложение к пакету AutoCAD. Разделяясь на три структурных элемента, данный программный продукт значительно упрощает (благодаря существенной автоматизации действий с объектами) работу с визуализацией элементов, построением проекций горных выработок, визуализацией геологических условных обозначений, перенесением на проекции вертикальных вскрывающих и разведочных выработок: стволов, шурфов, сети геологоразведочных скважин с проекциями их отклонений, отметками и всеми необходимыми технологическими данными.

**Результаты.** Программный продукт позволяет качественно выполнять прогнозирование геомеханических условий разработки угольных пластов в различных горно-геологических условиях. Приведены примеры выкопировок из обычного и совмещенного планов горных выработок пласта. Рассмотрена широкопрофильность использования приложений программы в моделировании и проектировании шахтных объектов. Отражены технические аспекты работы с программой и кратко охарактеризованы программные модули построения 3D модели.

**Научная новизна.** Сформированы электронные планы горных выработок и построены 3D модели систем подготовительных выработок глубоких угольных шахт. Установлены закономерности прогнозирования геомеханических условий ведения горных работ на пликативно нарушенных угольных пластах по форме их залегания.

**Практическая значимость.** Создана библиотека планов горных выработок, включающая 44 шахтопласта 22-х крупных угледобывающих предприятий Донецкой и Луганской областей. Главным достижением стала разработка программного обеспечения PLAST, которое можно использовать как полноценное горно-графическое приложение к пакету AutoCAD.

**Ключевые слова:** *компьютерное моделирование, горная выработка, 3D модель, программное обеспечение, проектирование, программный продукт*

**Анализ последних исследований.** В настоящее время наиболее распространенным и востребован-

ным программным продуктом в области технического проектирования и визуализации его результатов является пакет AutoCAD, разработанный известной американской фирмой Autodesk. За всю свою доста-

точно долгую историю с начала 1980-х годов он претерпел множество изменений и доработок и выпускался, по меньшей мере, в 20-ти версиях. Последний вариант AutoCAD 2011 обеспечивает пользователю широкие возможности в сфере 2D и 3D проектирования различных технических систем.

В зависимости от направления и задач инжиниринга разработаны специализированные приложения этого пакета: AutoCAD Civil 3D (коммуникации и инфраструктура), AutoCAD Structure Detailing (железобетонные конструкции), AutoCAD Architecture (архитектура), AutoCAD Map (картография), Jeweller CAD (ювелирное дело), Autodesk® Design Review (пакет для просмотра файлов) и т.д.

**Выделение нерешенных ранее частей проблемы.**

Высококласная расчетная геометрическая основа и многофункциональный подход к решению большого спектра задач позволил фирме AutoDesk занять лидирующее положение в сфере разработки программного обеспечения для компьютерного технического дизайна, т.е. создания и проектирования CAD-систем. Это привело к тому, что на сегодня практически все конкурирующие продукты, такие известные как Компас (Аскон), Solid Works (SolidWorks Corp.) и др., так и продукты менее известных разработчиков аналогичных программ имеют функциональную возможность представлять свои результаты в стандартных форматах файлов AutoCAD. При всем этом гибкая структура AutoCAD, его открытый интерфейс, позволил создать достаточно обширный перечень дополнений к стандартному пакету (GeoniCS Plprofile, MechaniCS, RasterDesk и др.), которые позволяют более удобно применять САПР в различных отраслях промышленности. Вместе с тем, как показал анализ, среди множества известных приложений пакета отсутствует система проектирования геолого-маркшейдерских и технологических CAD-систем применительно к угледобывающей отрасли.

**Постановка проблемы и ее связь с важными научными и практическими задачами.** В период с 1996 по 2006 гг. на кафедре горной геомеханики ДонНТУ выполнялся цикл хозяйственных работ по формированию электронных планов горных выработок и построению 3D моделей систем подготовительных выработок глубоких угольных шахт Донбасса в среде AutoCAD. Параллельно осуществлялись исследования по оценке возможности прогнозирования геомеханических условий ведения горных работ на пликвативно нарушенных угольных пластах по форме их залегания [1]. Выполнение этих работ привело к созданию целой библиотеки планов горных выработок, включающей 44 шахтопланта 22-х крупных угледобывающих предприятий Донецкой и Луганской областей. Была также начата работа над трехмерной моделью шахты „Им. А.Ф. Засядько“. Однако, главным достижением за этот период стала разработка программного обеспечения PLAST, которое можно использовать как полноценное горнографическое приложение к пакету AutoCAD.

**Результаты исследований и обоснование полученных результатов.** Функционально приложение представляет собой комплекс программ, которые по-

могают пользователю создавать плоские (2D) и трехмерные (3D) изображения подземных выработок и геологических объектов. Соответственно, первая часть (PLAST 2) предназначена для производства стандартных и совмещенных планов горных выработок, а также гипсометрических планов и прогнозных паспортов проведения подготовительных выработок. Вторая (PLAST 3) – может использоваться для моделирования залегания разрабатываемых угольных пластов, спутников и систем горных выработок угольных шахт.

Все программы пакета можно разделить на две подгруппы по используемым при работе способам управления AutoCAD:

- lisp-программы и программы, созданные на основе встроенного в оболочку AutoCAD языка Visual Basic;
- COM-программы, разработанные на основе подключения внешних программных продуктов.

К lisp-программам относится программный пакет PLAST 2, который разработан для построения и пополнения планов горных выработок в среде AutoCAD. В него входят приложения, позволяющие автоматизировать следующие построения:

- 1) построение проекций горных выработок (рис. 1, а);
- 2) построение годовых окантовок движения очистных забоев;
- 3) построение сопряжений подготовительных выработок (рис. 1, б);
- 4) установка границ изменений типов кровли, границ блоков подсчета запасов, зон затопления и т.д. [2];
- 5) визуализация геологических условных обозначений в соответствии с нормативом [2] (рис. 1, в);
- 6) визуализация вертикальных вскрывающих и разведочных выработок: стволов, шурфов, сети геологоразведочных скважин с проекциями их отклонений и отметками, всеми необходимыми технологическими данными [2];
- 7) модуль оформления планов горных выработок как официальных геолого-маркшейдерских документов (рис. 1, г).

8) дополнительный модуль установки глубинных отметок на проекциях горных выработок, необходимых для дальнейших 3D построений.

Общий вид меню основных из перечисленных lisp-программ показан на рис. 1.

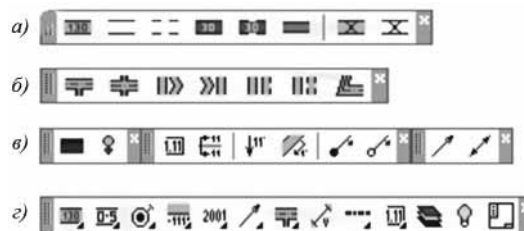
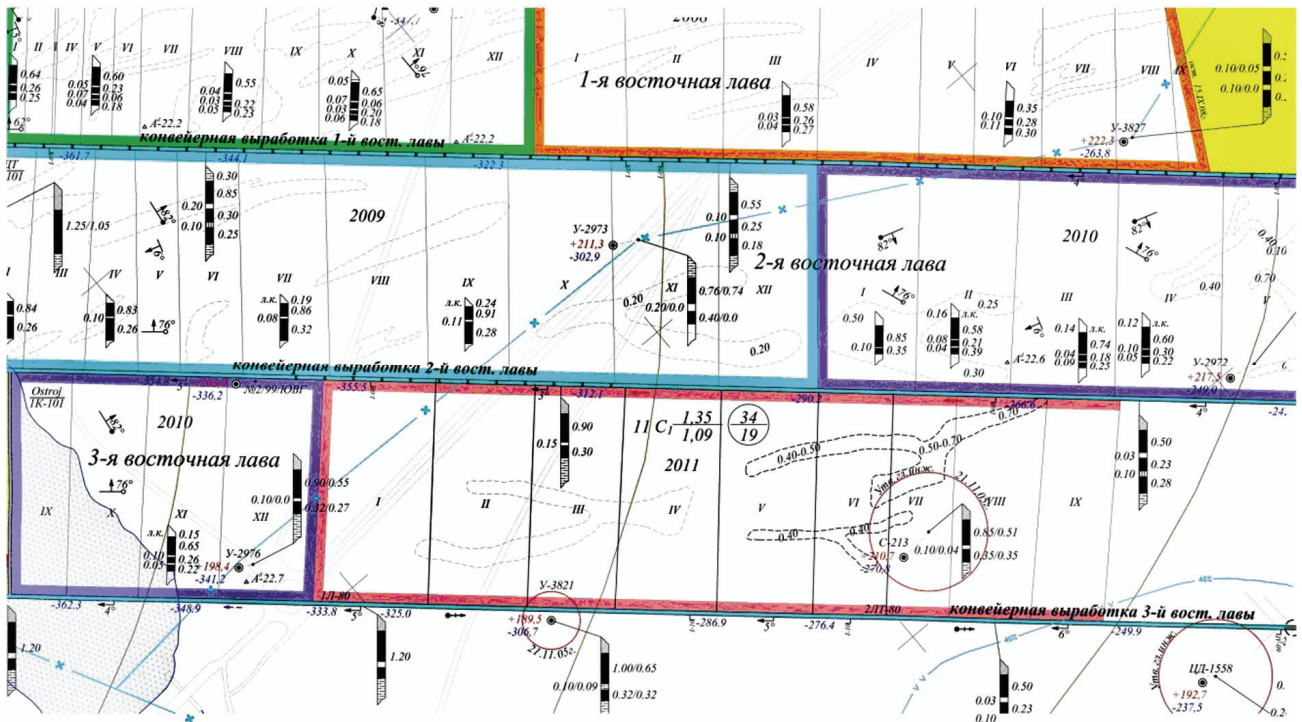


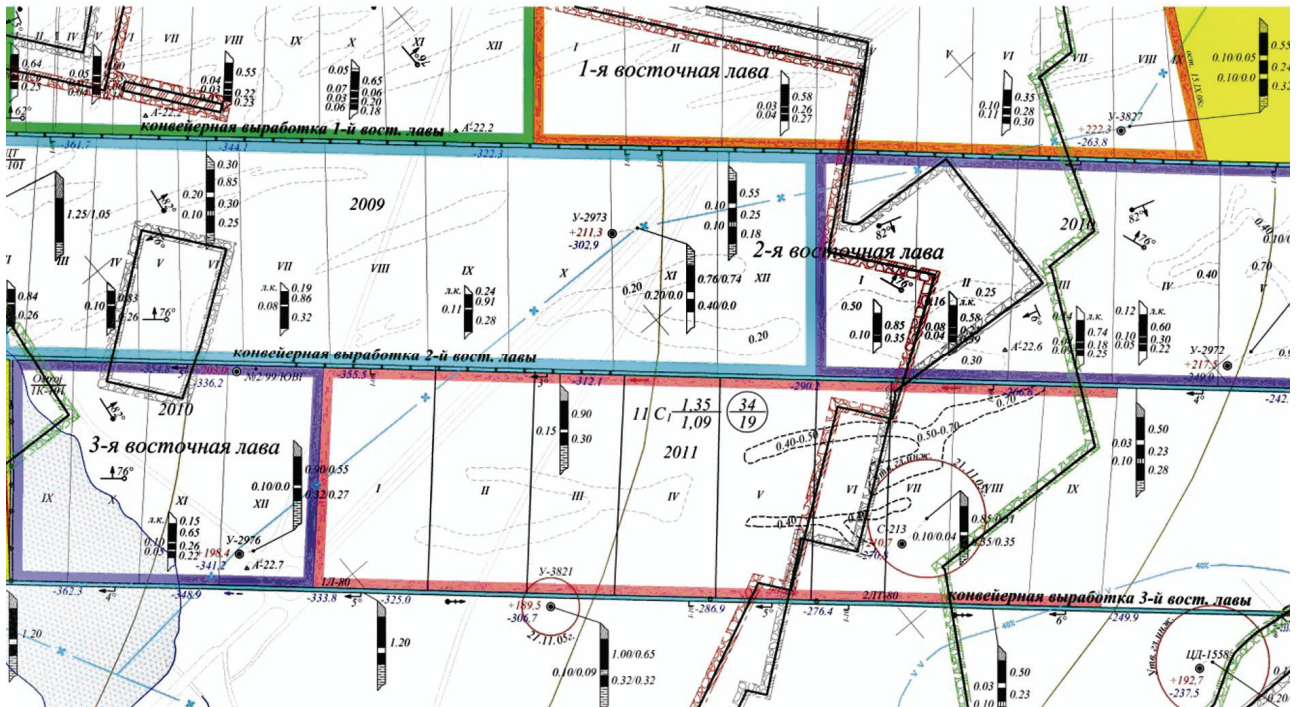
Рис. 1. Меню lisp-программ блока PLAST 2: а) меню построения проекций горных выработок; б) меню построения сопряжений подготовительных выработок; в) меню построения геологических условных обозначений; г) меню оформления планов горных выработок

Примеры выкопировок из обычного (а) и совмещенного (б) планов горных выработок пласта  $l_6$

ПАО „ДТЭК „Шахта Комсомолец Донбасса“ представлены на рис. 2.



а)



б)

Рис. 2. Выкопировки из обычного (а) и совмещенного (б) планов горных выработок пласта  $l_6$  (линиями показаны контуры выработанных пространств по смежным угольным пластам  $l_3$ ,  $l_4$  и  $l_7$ )

В пакет PLAST 3 входят приложения, построенные с применением VBA и COM технологий. Пакет разработан для сохранения, анализа и построения геолого-маркшейдерских данных с применением 3-х мерных технологий в AutoCAD. В пакет входят следующие программы:

- 1) специальный пакет прикладных программ „Рельеф“ [1];
- 2) программа построения разрезов геологоразведочных скважин;
- 3) программный модуль построения поверхностей пологих угольных пластов и оценки их геометрических параметров;
- 4) программный модуль построения 3D модели сети горных выработок;
- 5) модуль построения 3D модели залегания угольного пласта в пределах площади шахтного поля;
- 6) модуль построения трехмерных геологических разрезов угольного пласта (пластов) по данным разведочных скважин;

7) модуль преобразования плоского изображения сети погашенных пластовых горных выработок в трехмерное по поверхности залегания угольного пласта.

Меню программного модуля построения 3D модели сети горных выработок показано на рис. 3.

Используя программы пакета PLAST 3, сотрудниками ДонНТУ, в сотрудничестве с сотрудниками ПАО „ДТЭК „Шахта Комсомолец Донбасса“, в период с 2010 по 2011 гг. была разработана трехмерная 3D модель сети горных выработок шахты. Фрагмент модели показан на рис. 4

**Выводы и перспективы дальнейшего развития.** Опыт многолетнего и успешного использования программного обеспечения PLAST для построения, обслуживания и анализа геолого-маркшейдерской документации в среде AutoCAD позволяет говорить о том, что пакет является современной, гибкой и высокопроизводительной системой проектирования геолого-маркшейдерских и технологических CAD-систем применительно к угледобывающей отрасли.

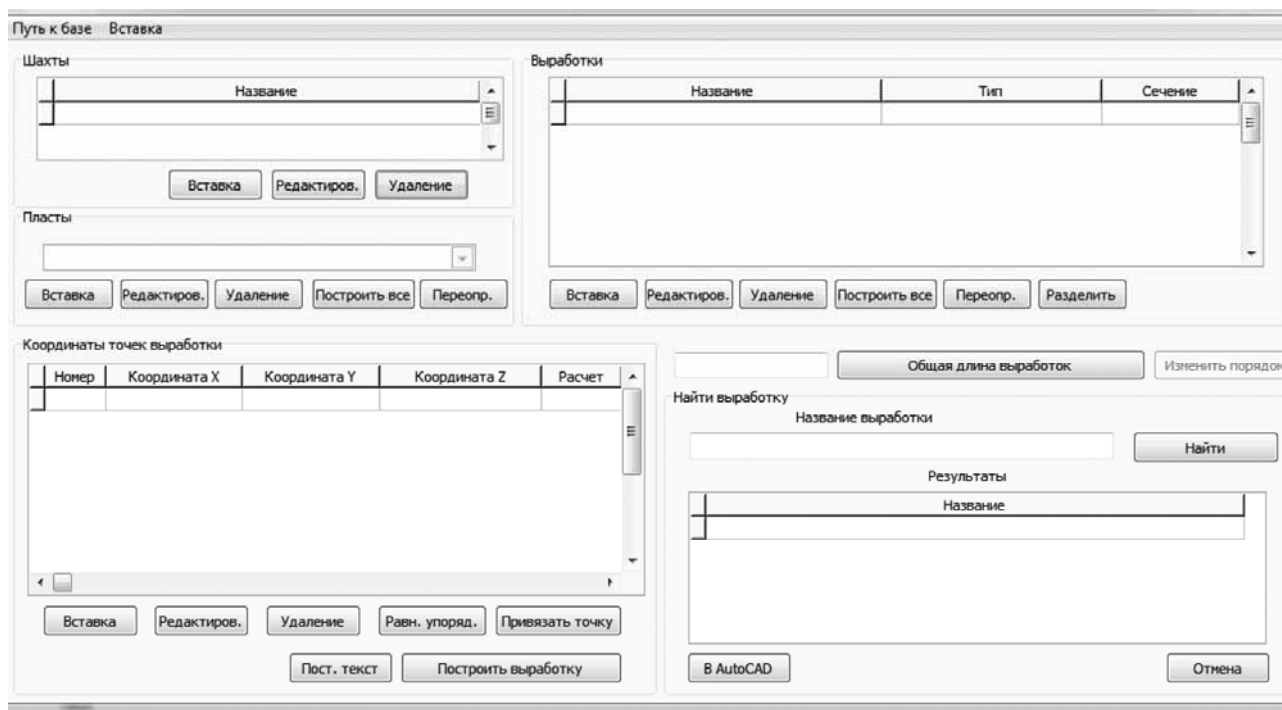


Рис. 3. Меню программного модуля построения 3D модели сети горных выработок

### Список литературы / References

1. Пилюгин В.И. Прогнозирование геомеханических условий разработки пологих угольных пластов в природных аномальных зонах: автореф. дисс. на соискание научной степени доктора технических наук: спец. 05.15.09 „Геотехническая и горная механика“ / Пилюгин Виталий Иванович; Национальный горный университет. – Днепропетровск, 2008. – 36 с.
- Pilyugin, V.I. (2008), “Forecasting geomechanical conditions of inclined coal seam development in natural

- abnormal zones”, Abstract of Dr. Sci. (Tech.) dissertation, 05.15.09 Geotechnical and Mining Mechanics, National Mining University, Dnipropetrovsk, Ukraine.
2. Горная графическая документация. Обозначения условные горных выработок: ГОСТ 2.855-75. – [Действующий с 1980-01-01]. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 31 с.
- Mining graphic documentation. Symbols for underground mining: GOST 2.855-75, valid since Jan. 1, 1980, (2002), ИПК Izdatelstvo standartov, Moscow, Russia, 31 p.

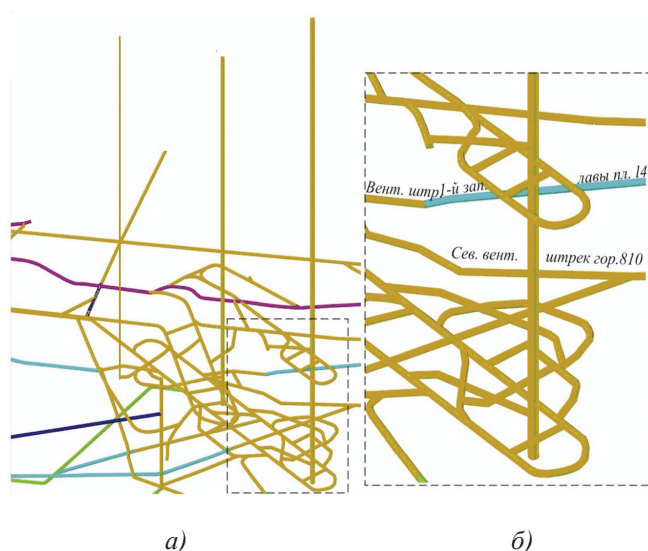


Рис. 4. Фрагмент трехмерной 3D модели сети горных выработок: а) 3D проекция сети горных выработок; б) увеличенное изображение сети горных выработок

**Мета.** Розробити тривимірну 3D модель сітки гірничих виробок для вугільних шахт ПАТ „ДПЕК „Шахта Комсомолець Донбасу“.

**Методика.** У галузі технічних продуктів, моделювання та візуалізації останнім часом найбільш значущим є пакет AutoCAD, на базі якого, у результаті багатьох розробок, було створено програмне забезпечення PLAST, що дозволяє використовувати його як повноцінний гірничо-графічний додаток до пакету AutoCAD. Розділяючись на три структурних елементи, даний програмний продукт значно спрощує (завдяки суттєвій автоматизації дій з об'єктами) роботу з візуалізацією елементів, побудовою проєкцій гірничих виробок, візуалізацією геологічних умовних позначень, перенесенням на проєкції вертикальних розкриваючих та розвідувальних виробок: стволів, шурфів, сітки геологорозвідувальних свердловин із проєкціями їх відхилень та відмітками й усіма необхідними технологічними даними.

**Результати.** Програмний продукт дозволяє якісно виконувати прогнозування геомеханічних умов розробки вугільних пластів за різних гірничо-геологічних умов. Наведено приклади викопіювань зі звичайного та суміщеного планів гірничих виробок пласта. Розглянуто широкопрофільність використання додатків програми в моделюванні та проєктуванні шахтних об'єктів. Відображено технічні аспекти роботи з програмою і коротко охарактеризовані програмні модулі побудови 3D моделі.

**Наукова новизна.** Сформовано електронні плани гірничих виробок та побудовано 3D моделі систем підготовчих виробок глибоких вугільних шахт. Встановлено закономірності прогнозування геомеханічних

умов ведення гірничих робіт на плікативно порушених вугільних пластах за формою їх залягання.

**Практична значимість.** Створена бібліотека планів гірничих виробок, що включає 44 шахтопласта 22-х великих вугледобувних підприємств Донецької та Луганської областей. Головним досягненням стала розробка програмного забезпечення PLAST, яке можна використовувати як повноцінний гірничо-графічний додаток до пакету AutoCAD.

**Ключові слова:** комп'ютерне моделювання, гірничі виробки, 3D модель, програмне забезпечення, проєктування, програмний продукт

**Purpose.** To develop the 3D model of the mine workings network for coal mines of PJSC “DPEK “Shakhta Komsomolets Donbasu”.

**Methodology.** Between the technical products for modeling and visualization the AutoCAD package can be considered the most significant. As a result of multiple developments the PLAST software has been created on its basis. Now the PLAST can be used as mining-graphical application to the AutoCAD package. It consists of three structure elements. The software product considerably simplifies (due to substantial automation of work) the operations with element visualization, designing projections of mine workings, visualization of geologic notations, transferring to projections of the vertical opening and explorative mine workings: shafts, bores, nets of geological prospecting holes with projections of their deviations and marks and all necessary technological data.

**Findings.** The software allows accurate forecasting of the geomechanical conditions of coal seams depending on different mine-geological conditions. Examples of seam drawing copies from usual and combined plans of mine workings are given. Diversified use of the program applications in modeling and designing mine objects has been analyzed. Technical aspects of work with the program have been given and program major components of designing 3D model have been briefly characterized.

**Originality.** The electronic plans of mine workings have been constructed and 3D model of development workings system in deep coal mines has been designed. Laws of forecasting of geomechanical conditions of mining operations have been established for plicate destructed coal seams by shape of their bedding.

**Practical value.** The library of mine workings plans describing 44 coal seams of 22 large coal producing enterprises of Donetsk and Lugansk regions has been created. The PLAST software has been created to become the full-fledged mining-graphical application to the AutoCAD package.

**Keywords:** computer modeling, mine working, 3D model, software, designing, program product

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук В.І. Бондаренком. Дата надходження рукопису 15.12.11.