

УДК 622.271.3.012.3:622.323.002.5

**Икол А.А.**, магистр  
(ИГТМ НАН Украины)

**ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ  
С ОБОРУДОВАНИЕМ НОВОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ  
ДЛЯ ДОРАБОТКИ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ**

**Икол О.О.**, магистр  
(ИГТМ НАН Украины)

**ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ  
З УСТАТКУВАННЯМ НОВОГО ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ  
ДЛЯ ДОРОБКИ ГЛИБОКИХ КАР'ЄРІВ**

**Ikol O.O.**, M.S.. (Tech.)  
(IGTM NAS of Ukraine)

**SUBSTANTIATION OF TECHNOLOGICAL SCHEMES WITH  
EQUIPMENT OF NEW TECHNICAL LEVEL FOR COMPLETION  
OF DEEP QUARRIES**

**Аннотация.** Статья направлена на обоснование технологических схем с оборудованием нового технического уровня для доработки глубоких карьеров.

В статье проанализированы конструкции и параметры разрабатываемых шагающих драглайнов нового типа – кранлайнов и имеющихся гидравлических экскаваторов типа обратная лопата и предложены схемы использования их на этапе доработки карьеров. При этом при использовании кранлайна предполагается технология, близкая к поточной, с использованием в качестве транспортного средства конвейеров и конвейерных поездов, отличающаяся циклической работой самого экскаватора-кранлайна. При использовании гидравлических экскаваторов типа обратная лопата предполагается циклично-поточная технология с использованием автомобильно-конвейерного транспорта.

**Ключевые слова:** кранлайн, гидравлический экскаватор обратная лопата, эклайн, самоходная дробильная машина, перегружатель, конвейерный поезд.

**Актуальность.** Криворожское железорудное месторождение активно разрабатывается с 50-х годов прошлого столетия и на данном этапе практически все карьеры этого бассейна близки к стадии доработки. В настоящее время вследствие сказанного с целью экономии на вскрышных работах высота уступов достигает 30 м – сдвоенные уступы, возможен переход и к строеным и счетверённым. Кроме указанного увеличение высоты уступов обеспечивает сокращение работ по содержанию и эксплуатации внутрикарьерных железных или автомобильных дорог в результате сокращения количества рабочих горизонтов в карьере, протяжённости транспортных коммуникаций и дальности транспортирования горной массы [1], уменьшение объёма буровзрывных работ и расхода ВВ, повышение технической производительности экскаваторов за счёт снижения удельного веса рабочего времени на перемещение экскаватора в высоком забое.

Недостатком является снижение уровня безопасности, что требует дополнительных исследований. Увеличение высоты уступа ставит вопрос о подборе соответствующего оборудования и разработке технологических схем с его применением.

**Состояние вопроса.** В последние два десятилетия ведутся разработки нового типа карьерного экскаватора – кранлайна ([1], [2]). Кранлайн разрабатывается на основе шагающего драглайна, отличается тем, что содержит устройство прицельной погрузки (УПП), включающее дополнительную лебёдку и дополнительные канаты. Также для кранлайнов предусматриваются два типа ковшей. Первый - традиционный драглаиновый с разгрузкой опрокидыванием через режущую кромку. Этот тип пригоден для отработки мягких пород с разгрузкой в большегрузные автосамосвалы. Второй – коробчатой формы с открывающейся задней стенкой, пригоден для мягких и скальных пород с разгрузкой в автосамосвалы или думпкары, так как при разгрузке отсутствует продольное маятниковое раскачивание, характерное для ковшей обычной конструкции.

Разработан типоразмерный ряд кранлайнов. Из них наиболее предпочтительным является ДШП-20.55, технические характеристики которого следующие:

- вместимость ковша - 20 м<sup>3</sup>;
- радиус черпания на максимальной глубине - 55 м;
- максимальная глубина черпания (высота черпания для мехлопаты) - 33 м;
- диаметр базы – 10,8 м.

Переоснащение открытых разработок кранлайнами взамен мехлопат представляется одним из самых перспективных путей повышения эффективности и экономичности горного производства.

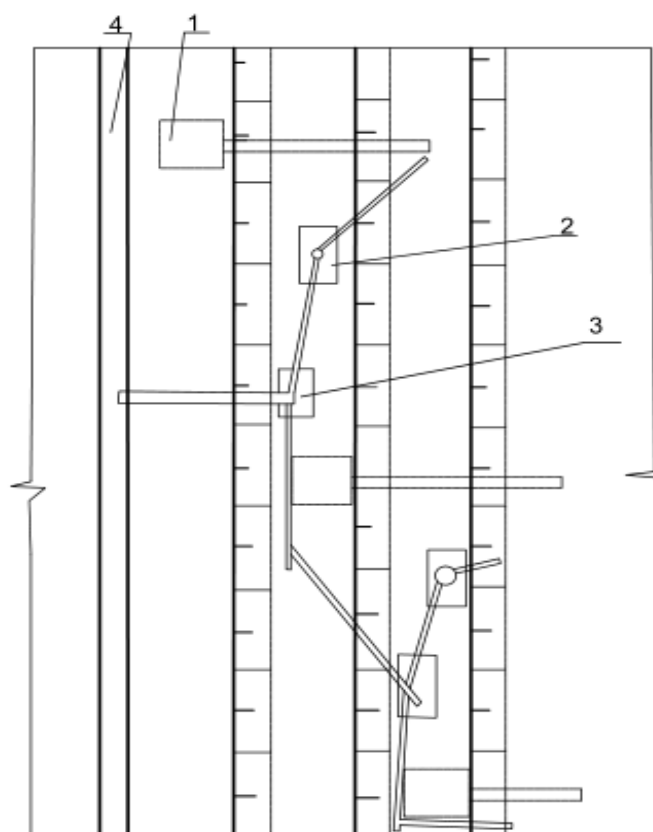
Кроме того, увеличение размера обрабатываемой в одном сечении толщи по высоте и глубине возможно за счет применения гидравлических экскаваторов типа обратная лопата с верхним и нижним черпанием.

Ведутся разработки нового типа экскавационного оборудования – эклайнов. Эклайн может быть применён при достижении конечной глубины карьера, когда в его контуре уже осуществляется внутреннее отвалообразование. Эклайн имеет неповоротные забойный и отвальный модули. Первый может работать на уступе или на поверхности, второй – на внутреннем отвале. Ковш прикреплен к канатам обоих модулей. Такая конструкция позволяет обрабатывать высокие уступы (60 м и более), производить прицельную погрузку в автосамосвал или на конвейер.

**Результаты.** С учетом выполненного анализа оборудования нового технического уровня предлагаются технологические схемы доработки карьера с применением такого оборудования.

*Первая технологическая схема.* Технология, близкая к поточной, при которой выемочно-погрузочные операции осуществляются кранлайном с циклической работой, а транспортирование горной массы - конвейерами и конвейерными поездами по поточной технологии. В соответствии с предлагаемой схемой (рис.1) кранлайн 1 нижним черпанием обрабатывает взорванную горную массу на приемный конвейер расположенной на нижележащем уступе самоходной

дробильной установки 2, которая имеет телескопическую систему из приемного и промежуточного конвейеров со скольжением ленты (аналогичную как в экскаваторах типа ЭРГС, которые разрабатывали в ИГТМ), с наличием на приемном конвейере приемного бункера в соответствии с размерами ковша кранлайна, механизмы подъема и поворота этой системы. Таким образом, имеется возможность перемещать приемный бункер приемного конвейера непосредственно к месту черпания, что позволяет сократить время на подъем и поворот стрелы кранлайна и соответственно время загрузки приемного конвейера дробильной установки.



1-кранлайн; 2- самоходная дробильная установка; 3-перегрузатель;  
4-трасса конвейерных поездов

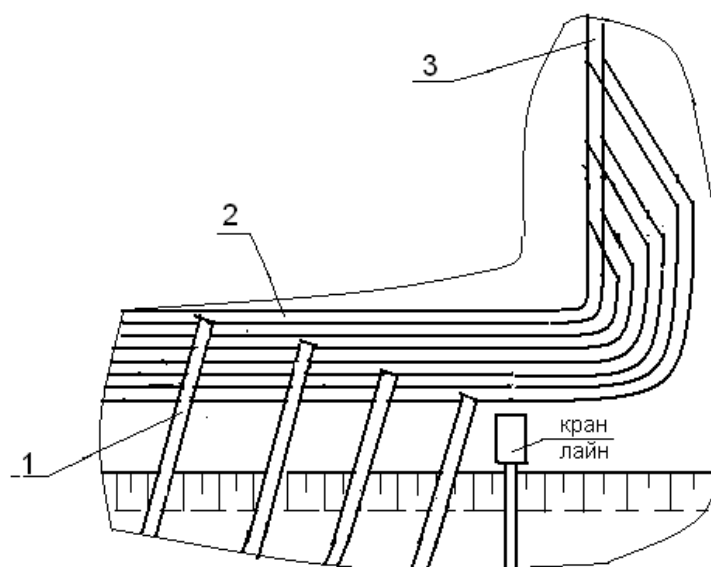
Рисунок 1- Технологическая схема с применением кранлайнов

Также на дробильной установке 2 имеется разгрузочный конвейер, который транспортирует дробленную горную массу на перегружатели 3. По своим техническим и технологическим характеристикам перегружатели могут принимать горную массу с разгрузочных конвейеров самоходных дробильных установок или перегружателей, работающих на нижележащих уступах, как показано на рис. 1. С перегружателя горная масса по разгрузочному конвейеру подается на расположенный на верхнем горизонте конвейерный поезд.

В виду того, что предполагается отработка высоких уступов (30 и более метров), то разгрузочные конвейеры перегружателей будут иметь участки с горизонтальным, наклонным и крутонаклонным положением. В качестве конвейер-

ров на крутонаклонных участках могут быть применены конвейеры Pocketlift и Rocketrope фирмы Metso Minerals [3], которые позволяют транспортировать горную массу даже вертикально и по высоте до 1000 м, следовательно, в рассматриваемом случае имеется возможность повышения производительности. Из разрабатываемого оборудования могут быть применены также крутонаклонные ленточно-колесные конвейеры для крупнокусковых грузов [4].

При одновременной разработке разных типов горной массы (вскрышные породы, разубоженная руда, руда и т.д.) на уступах предлагается устанавливать несколько перегружателей в соответствии с количеством потоков типов горной массы. При этом верхние перегружатели будут разгружать горную массу в соответствующий ее типу конвейерный поезд (рис.2).



1-разгрузочные конвейеры перегружателей, подающих различные типы горной массы; 2-трассы конвейерных поездов для различных типов горной массы; 3-магистральная трасса

Рисунок 2- Трасса конвейерных поездов на поверхности карьера

Поскольку в предлагаемой схеме задействовано множество технологически взаимосвязанного оборудования, то возникает необходимость в применении современных средств автоматизации и контроля.

Производительность комплекса оценивается по производительности кранлайна ДШП 20,55: вместимость ковша  $V_k = 20 \text{ м}^3$ ; время цикла  $t_{p.ц.} = 45 \text{ сек}$ . С учетом указанных технических характеристик производительность кранлайна будет составлять

$$Q_{кр} = 20 \frac{3600}{45} = 1600 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Стоит отметить, что в зависимости от кусковатости взорванной горной массы, наличия негабарита и типов применяемых конвейеров приведенная схема может дополняться грохотами, дробилками соответствующего типа.

*Вторая технологическая схема доработки карьера.*

Предлагается для выемки горной массы при высоте сдвоенного уступа 30 м применить гидравлический экскаватор типа обратная лопата ЭГО-14, имеющий технические характеристики:

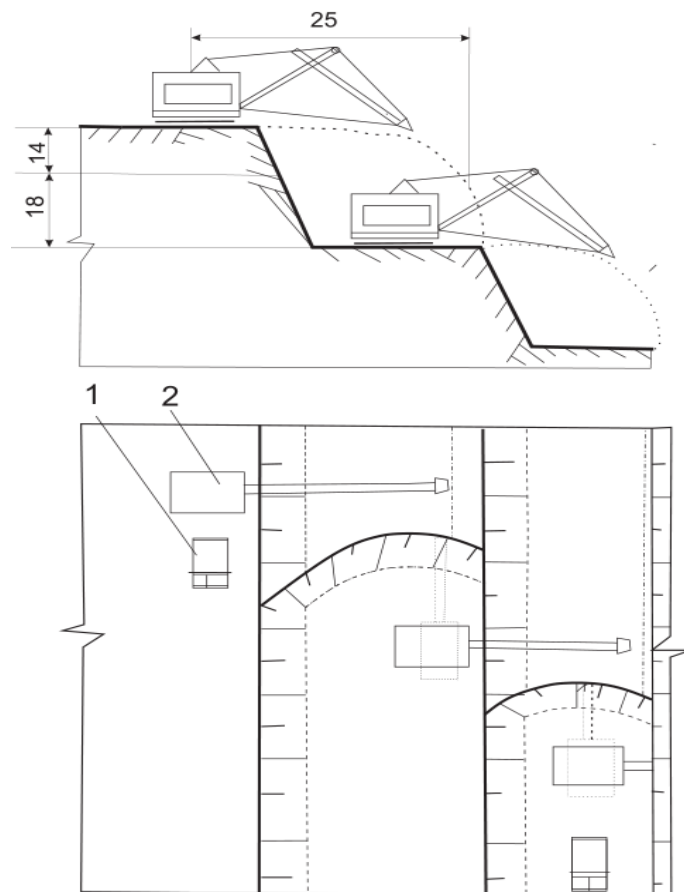
- объем ковша  $14 \text{ м}^3$  (для тяжелых пород  $10 \text{ м}^3$ );
- цикл – 28 сек.;
- радиус копания – 25 м;
- высота копания – 18 м;
- глубина копания – 14 м;
- высота выгрузки – 14 м;
- гусеничный ход  $8 \times 6,5 \text{ м}$ ;
- глубина копания при отработке откоса  $40^\circ$  – 13,5 м.

Параметры указанных экскаваторов позволяют осуществлять верхнее и нижнее черпание. В предлагаемой схеме предусматривается размещение группы экскаваторов 2 на уступах (рис. 3), каждый из которых отрабатывает на часть высоты верхний и нижний уступ (верхним черпанием высотой до 18 м, нижним черпанием глубиной до 14 м), а нижестоящий отрабатывает вторую половину уступов. Погрузка горной массы предусматривается в автосамосвалы 1 (рис. 3).

Стоит отметить, что в работе Кутузова Б.Н. (1980) указывается, что при отработке высоких уступов погрузочные машины на всех горизонтах, кроме нижнего, отрабатывают только взорванную горную массу, не имея контактов с невзорванным массивом. Следовательно, для обеспечения работы экскаватора попеременно верхним и нижним черпанием на часть высоты уступа важное значение приобретает форма развала и соответственно тип взрывания.

Предлагается на самом верхнем из отрабатываемых указанными экскаваторами уступов формировать высоту развала горной массы до 20 м, что составляет приблизительно 0,65 высоты уступа. Это связано с тем, что при этом должна будет производиться отработка взорванной массы экскаватором, работающим на данном уступе верхним черпанием. За пределами взрываемого блока высота забоя экскаватора должна быть равной высоте черпания экскаватора или меньше её, поскольку во взорванной массе возможны крупные куски. При высоте развала 20 м и ширине развала горной массы около 85 м обеспечивается соответствующая высота забоя.

Кроме того, при разработке паспорта работы экскаватора следует учитывать тип пород. Как указано в [6], для связно-сыпучих взорванных пород максимальная высота забоя экскаватора в 1,05 – 1,15 раза превышает максимальную высоту черпания экскаватора, а для связных равна высоте черпания экскаватора или меньше её. Это позволяет в первом случае произвести отработку нижним черпанием на глубину 10 м, а затем экскаватор, работающий на нижележащем уступе осуществит верхнее черпание на высоту 20 м. Во втором случае эти цифры соответственно 12 и 18 м.



1-автосамосвал; 2-экскаватор

Рисунок 3- Технологическая схема обработки высоких уступов экскаваторами ЭГО-14

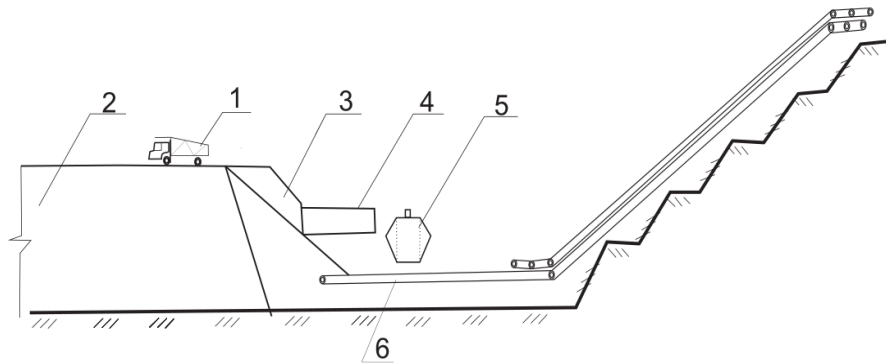
Горная масса автосамосвалами *1* транспортируется на возвышенность *2* дробильно-перегрузочного пункта, где через бункер *3* выгружается на грохот *4* (рис. 4). Подрешетный продукт поступает на крутонаклонный конвейер *б*, а надрешетный – на дробилку *5*, продукт которой также поступает на крутонаклонный конвейер (КНК) *б*. В данном случае показан крутонаклонный конвейер с прижимной лентой, при применении других конструкций КНК горная масса с грохота *4* и дробилки *5* поступает на промежуточный конвейер, а с него на КНК.

На дробильно-перегрузочном пункте располагается следующее оборудование:

- грохоты барабанные колосниковые класса "ГРИЗЛИ" ГБР 3,2x1,7 (ООО фирма "Размах");

- дробилки: для переработки крепких скальных пород ККД-1500/180; для переработки пород с крепостью до 15 – дробилки шнеко-зубчатые фирмы «Днепротехсервис»; для переработки пород с  $\sigma_{сж}$  до 180 МПа – дробилки шнеко-зубчатые ДШЗ-1300/300 фирмы «Логинов и партнеры»;

- для транспортирования на поверхность – КНК с прижимной лентой или лентой с «карманами».



1 - автосамосвал; 2 – возвышенность; 3-бункер; 4-грохот;  
5-дробилка крупного дробления; 6 – КНК

Рисунок 4 - Дробильно-перегрузочный пункт

В случае переработки крепких пород можно использовать дробилку ККД. Поскольку максимальный размер куса продукта дробилки ККД-1500/180 может достигать 350 мм, а для конвейера с прижимной лентой максимальный размер куса 300 мм, в технологическую схему необходимо добавить после дробилки грохот (работает по замкнутому циклу). В этом случае возможно применение ковшового конвейера.

**Выводы.** В статье на основе анализа оборудования нового технического уровня предложены технологические схемы с его использованием, которые могут быть применены при доработке карьера. Ряд вопросов, в частности вопросы устойчивости уступов описанных параметров, взрывной подготовки для отработки кранлайном скальных пород, развал горной массы потребуют дополнительной проработки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Швец, Д.В. Вовлечение в разработку законсервированных геологических запасов железной руды под существующими транспортными коммуникациями действующих глубоких карьеров / Д.В. Швец // Геотехническая механика. Межвед. сб. научн. трудов.- Днепропетровск: – 2016. – Вып. 129. – С. 98-105.
2. Типоразмерный ряд кранлайнов для высокоуступной геотехнологии на открытых разработках / К.Н. Трубецкий, Н.А. Сидоренко, А.Н. Домбровский [и др.] // Горное оборудование и электромеханика. – 2009. - № 10. – С. 18-22.
3. Кранлайн – новый вид шагающего драглайна / К.Н. Трубецкой, Н.Н. Киселев, А.Н. Домбровский [и др.] // Горная промышленность. – 1999. - № 3. – С. 34-36.
4. Paelke, J.W. Преимущества вертикальных конвейерных систем POCKETLIFT и POCKETROPE по сравнению с традиционными вертикальной транспортировки сыпучих материалов / J.W. Paelke, R. Guthier, F.Kessfer // Горная промышленность. – 2007. - № 5. - С. 24-29.
5. Мулухов, К.К. Конструкция и расчет крутонаклонного ленточно-колесного конвейера для крупнокусковых грузов и глубоких карьеров / К.К. Мулухов, Э.Н. Беслекоева // ГИАБ МГГУ. – М., 2012. - № 5. - С. 253-258.
6. Ржевский, В.В. Открытые горные работы. Часть I. Производственные процессы: Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. / В.В. Ржевский. – М.: Недра, 1985. – 509 с.

#### REFERENCES

1. Shvets, D.V. (2016), “Involvement into development of geological iron-ore reserves conserved under the ex-isting transport communications in the active deep open pits”, *Geo-Technical Mechanics*, vol. 129, pp. 98-105.

2. Trubetskoy, K.N., Sidorenko, N.A., Dombrovsky, A.N. et.al. (2009), "A standard range of cranlines for high-performance technology on open-cast mines", *Gornoye oborudovaniye i elektromekhanika*, №10, pp. 18 – 22.
3. Trubetskoy, K.N., Kiselyov, N.N., Dombrovsky, A.N. et.al. (1999), "Cranline is the new kind of walking dragline". *Gornaya promyshlennost*, № 3, pp. 34 – 36.
4. Paelke, J.W., Gunther, R. and Kessfer, F. (2007), "Advantages of vertical conveyor systems POCKETLIFT and POCKETROPE in comparison with traditional systems of vertical transportation of loose materials". *Gornaya promyshlennost*, № 5, pp. 24 – 29.
5. Mulukhov, K.K., Beslekoeva, E.N. (2012), "Design and calculation of a steeply inclined belt-and-wheel conveyor for large-volume loads deep quarries", *Gornyy informatsionno-analiticheskiy bulletin MGGU*, № 5, pp. 253 – 258.
6. Rzhhevsky, V.V. (1985), *Otkrytye gornye raboty* [Open-cast mining], Nedra, Moscow, USSR.

---

### Об авторе

**Икол Александр Алексеевич**, магистр, инженер-конструктор в отделе геомеханических основ технологий открытой разработки месторождений, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепр, Украина, [0980159761i@gmail.com](mailto:0980159761i@gmail.com).

### About the author

**Ikol Olexandr Olexiyovych**, Master of Sciences (M.Sc.), engineer in Department of Geomechanics of Mineral Opencast Mining Technology, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NASU), Dnipro, Ukraine, [0980159761i@gmail.com](mailto:0980159761i@gmail.com).

---

**Анотація.** Стаття спрямована на обґрунтування технологічних схем з устаткуванням нового технічного рівня для доробки глибоких кар'єрів.

У статті проаналізовані конструкції та параметри крокуючих драглайнів нового типу, що розробляються зараз, - кранлайнів та гідравлічних екскаваторів типу зворотня лопата. Запропоновані схеми використання їх на етапі доробки кар'єрів. При цьому при використанні кранлайна пропонується технологія, яка є наближеною до потокової, з використанням в якості транспортних засобів конвеєрів та конвеєрних поїздів, яка відрізняється циклічною роботою самого екскаватора-кранлайна. При використанні гідравлічних екскаваторів типу зворотня лопата пропонується циклічно-поточкова технологія з використанням автомобільно-конвеєрного транспорту.

**Ключові слова:** кранлайн, гідравлічний екскаватор зворотня лопата, еклайн, самохідна дробарна машина, перевантажувач, конвеєрний поїзд.

**Abstract.** Objective of the work is to substantiate technological schemes with equipment of new technological level used for the deep quarry completion.

The work presents an analysis of design and parameters of the walking draglines of new type – cranlines - and existing hydraulic excavators of the backhoe type, and recommended schemes for their usage at the stage of the quarry completion.

At the same time, application of the cranline assumes usage of technology, which is close to continuous, and conveyors and conveyor trains used as vehicles. This technology differs by cyclic operation of the excavator-cranline.

When using hydraulic backhoe excavators, a cyclic-flow technology with the use of automobile-conveyor transport is assumed.

**Keywords:** cranline, hydraulic backhoe excavator, ekline, self-propelled crushing machine, re-loader, conveyor train.

*Стаття постуила в редакцію 15.02.2017*

*Рекомендовано к публикации д-ром технических наук Четвериком М.С.*