

УДК 621.879.44

И. И. Назаренко, д.т.н., профессорКиевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев, Украина
knuba@knuba.edu.ua**А. В. Гаврюков**, к.т.н., доцент**С. В. Погрибняк**, бакалавр**А. Н. Новиков**, бакалавр

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, г. Краматорск, Украина

nik@donnaba.edu.ua

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО СОЗДАНИЮ НОВОЙ РОТОРНОГО ЭКСКАВАТОРА ПОПЕРЕЧНОГО КОПАНИЯ

В работе приведены результаты теоретических и конструкторских исследований по созданию нового роторного экскаватора поперечного копания, оборудованного телескопической стрелы с ленточным конвейером, работающим при изменяющейся длине транспортирования. Выполненные исследования позволили: снизить энергоемкость единицы разрабатываемого полезного ископаемого, увеличить машинное время работы экскаватора, повысить устойчивость машины, сократить число транспортирующих устройств. Приведены направления дальнейших исследований по улучшению технико-экономических показателей нового роторного экскаватора поперечного копания.

Ключевые слова: новый роторный экскаватор, телескопическая стрела, машинное время, устойчивость, энергоемкость, ленточный конвейер с изменяющейся длиной транспортирования, направления дальнейших исследований.

І.І. Назаренко, д.т.н., професорКиївський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна
knuba@knuba.edu.ua**О. В. Гаврюков**, к.т.н., доцент**С.В. Погрибняк**, бакалавр**О.М. Новіков**, бакалавр

Донбаська національна академія будівництва і архітектури, м. Краматорськ, Україна

nik@donnaba.edu.ua

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО СТВОРЕННЯ НОВОГО РОТОРНОГО ЕКСКАВАТОРА ПОПЕРЕЧНОГО КОПАНИЯ

У роботі наведені результати теоретичних та конструкторських досліджень по створенню нового роторного экскаватора поперечного копания обладаного телескопічної стріли зі стрічковим конвеєром працюючим при змінній довжині транспортування. Виконані дослідження дозволили: знизити енергоємність одиниці корисних копалин що розробляється, збільшити машинний час роботи экскаватора, підвищити стійкість машини, скоротити число транспортних пристроїв. Наведено напрямки подальших досліджень щодо поліпшення техніко-економічних показників нового роторного экскаватора поперечного копания.

Ключові слова: новий роторний экскаватор, телескопічна стріла, машинний час, стійкість, енергоємність, стрічковий конвеєр зі змінною довжиною транспортування, напрямки подальших досліджень.

I. I. Nazarenko Doctor of Technical Sciences, Prof.Kyiv National University of Construction and Architecture, Kiev, Ukraine
knuba@knuba.edu.ua**O. V. Gavryukov** PhD., Assoc. Professor**S. V. Pohrybniak** bachelor Student**A. N. Novykov** bachelor Student

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Kramatorsk, Ukraine

nik@donnaba.edu.ua

RESULTS OF THE STUDY ON THE DEVELOPMENT OF A NEW CROSS-DIGGER ROTARY EXTRACTOR

The paper presents the results of theoretical and design research on the development of a new cross-digger rotary excavator equipped with a telescopic boom with a belt conveyor operating with varying transporter length. The studies conducted made it possible to reduce the power capacity of a mineral unit being developed, to increase the run time of the excavator, to raise the stability of the machine, to reduce the number of transporting devices. The directions

for further research on the improvement of technical and economic indicators of the new cross-digger rotary excavator are outlined.

Keywords: new rotor excavator, telescopic boom, run time, stability, power capacity, belt conveyor with varying transporter length, directions for further research.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Разработка полезных ископаемых всегда была связана с использованием энергоемких машин, одними из которых являются роторные экскаваторы поперечного копания. Известны роторные экскаваторы поперечного копания с не выдвигной (рис.1) и выдвигной стрелой (рис.2) [1].



Рисунок 1. Роторный экскаватор с не выдвигной стрелой ЭР-1250-17/1.5А (машиностроительный завод «Донецкгормаш»)

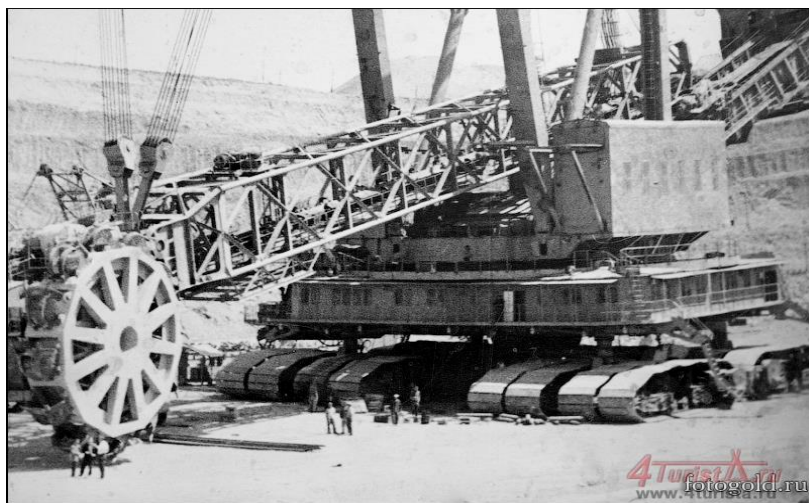


Рисунок 2. Роторный экскаватор с выдвигной стрелой ЭРГ-1600-40/10.31 (Новоκραматорский машиностроительный завод)

Во время эксплуатации роторных экскаваторов с не выдвигной стрелой имеют место следующие недостатки в работе:

- в длительном режиме чистой работы (за вычетом месячных и годовых ремонтов и всех простоев, кроме «атмосферных») до сих пор не превышает 70% сменного времени и 65% календарного;

- с учетом месячных и годовых ремонтов и «атмосферных» простоев фактическое использование этих машин уменьшается соответственно до 53 и 48%

- путь, проходимый при работе и износ ходовых механизмов и движителей в 4—5 раз больше, чем у экскаваторов с выдвижными стрелами.

Во время эксплуатации роторных экскаваторов с выдвижной стрелой имеют место следующие недостатки в работе:

- изменения расположения масс конструкции машины (выдвижной стрелы) во время работы, менее жесткое крепление пят стрелы и множество других условий, которые вызывают колебания и вибрации, особенно свойственные машинам большой мощности;

- конструкция этих машин практически не позволяет избежать совпадения вибраций различных масс при каком-либо положении рабочего органа, которые могут привести к их недопустимому возрастанию и даже резонансным явлениям.

По своим эксплуатационным возможностям роторный экскаватор с выдвижной стрелой (рис.2) в сравнении с роторным экскаватором с не выдвижной стрелой (рис.1) имеет преимущества, а именно более производительен, применим при работе по слабым грунтам и при селективной разработке пропластков.

Конструктивно роторного экскаватора с не выдвижной стрелой имеет на один ленточный конвейер больше, чем роторный экскаватор с выдвижной стрелой.

Эксплуатационные преимущества роторного экскаватора с выдвижной стрелой привели к тому, что в прошлом столетии заводы Чехословакии, где эти машины работают на строительстве и в мягких грунтах, выпускали модели только с выдвижными стрелами [1].

Создание роторного экскаватора поперечного копания с эксплуатационными возможностями роторного экскаватора с выдвижной стрелой и оборудованного таким же количеством ленточных конвейеров как и роторный экскаватор с не выдвижной стрелой является актуальной научно-практической задачей.

Анализ исследований и публикаций. Для ясности понимания преимуществ каждого из видов экскаваторов рассмотрим технологию выемки полезного ископаемого, приведенную в работе [1].

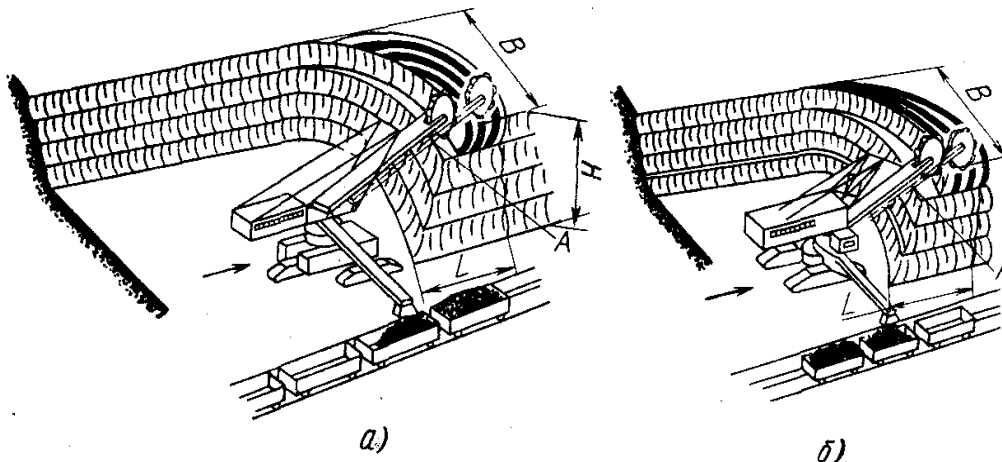


Рисунок 3. Схемы забоя роторного экскаватора, работающего полным забоем с углом поворота порядка 130° : а) с выдвижной стрелой; б) с не выдвижной стрелой

Для роторных экскаваторов с выдвижной стрелой разработка блока (забоя) начинается с верхнего уступа и идет не более, чем на длину, определяемую величиной выдвижения ротора и возможностью упора нижнего пояса стрелы в бровку второго яруса (точка А на рис. 3). Величина выдвижения ротора обычно колеблется в пределах 10-40% от радиуса действия экскаватора. После прохода ротора по всей ширине забоя и снятия одной стружки (после одного реза) ротор выдвигается на толщину стружки, составляющую обычно, в зависимости от мощности экскаватора, от 15 до 100 см

Главное отличие забоя экскаватора с не выдвижной стрелой заключается в серповидной форме продольного сечения всех стружек, вызванной тем, что после каждого реза весь экскаватор передвигается на такое же расстояние, на которое выдвигается ротор у машины с выдвижной стрелой (на 15—100 см). Вследствие этого толщина стружки в каждом резе при удалении оси от экскаватора уменьшается к краям блока по зависимости (рис.4)

$$c_{\beta_1} \approx c_{\max} \cos \beta_1$$

где β_1 — угол поворота в плане роторной стрелы от оси движения экскаватора; c_{\max} — толщина стружки при совпадении в плане оси стрелы ротора с осью движения экскаватора (на уровне оси ротора)/

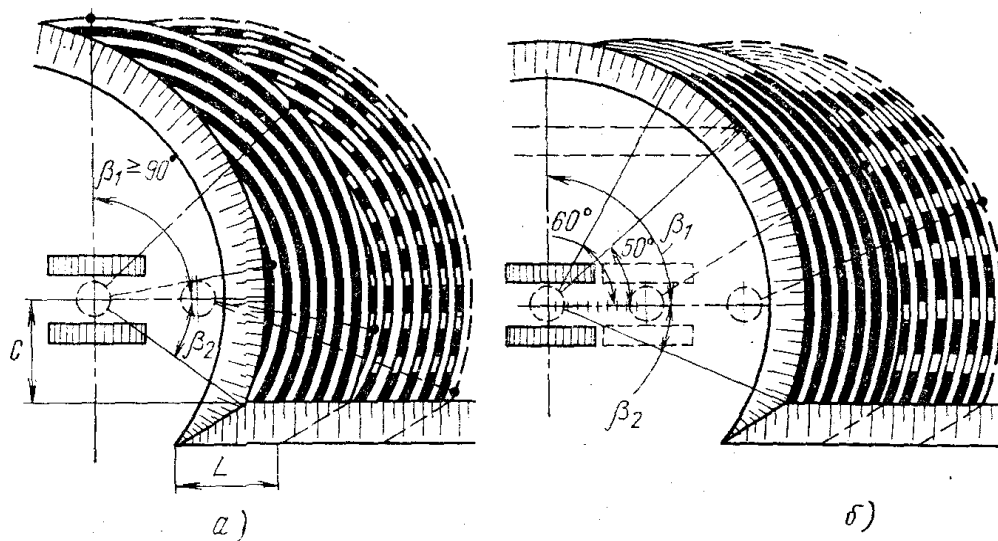


Рисунок 4. Горизонтальное сечение полного блока при максимальном использовании рабочих размеров экскаватора: а) — с выдвижной стрелой; б) — с не выдвижной стрелой

При движении ротора к открытому борту блока уменьшение толщины стружки составит не более 23%, но уже при повороте на 60° при движении ротора к закрытому борту блока толщина стружки уменьшится в 2 раза (рис.4). Чтобы компенсировать это, роторные экскаваторы средней и большой мощности снабжаются автоматическим устройством повышения скорости поворота при увеличении угла поворота с целью сохранить заданное наполнение ковша. Однако при этом параметры сечения стружки изменяются настолько значительно, что удельное сопротивление копанью возрастает на 15—20%.

Кроме того, изменение скорости поворота при возрастании угла поворота β , необходимое для сохранения расчетного наполнения ковша, происходит по закону

$$V_{\beta} = V_0 / \cos \beta$$

Обычно скорость поворота не может возрастать более, чем до 30 м/мин. Исходное значение скорости поворота отвечает расчетному заполнению ковша при роторе, направленном по оси забоя ($\beta = 0$). По опыту использования роторных экскаваторов дальнейшее повышение скорости поворота недопустимо. Обычно V_{β} колеблется в пределах 5—30 м/мин. Следует отметить, что увеличение скорости поворота требует изготовления боковых режущих кромок ковша выступающими наружу для устранения трения боковых стенок ковша о забой.

Чтобы избежать этого недостатка хотя бы частично, разработку ярусов блока производят с постепенным отъездом машины от забоя, как это можно видеть на рисунке 5, где для сравнения показан вид сверху забоев наибольшей ширины для экскаваторов с выдвижной стрелой и с не выдвижной стрелой. Верхний ярус (рис. 5, б) разрабатывается со значительными потерями полным блоком, а последующие — с отъездом машины и постепенным уменьшением угла β_1 до 60° и $40-45^{\circ}$ (см. рис. 4.б). При этом наибольшая ширина блока снижается на 10—12%, что смягчает недостатки, вытекающие из приведенных выше соображений о работе экскаватора с не выдвижной стрелой. Верхний ярус разрабатывается с углом поворота $70-60^{\circ}$.

Экскаватор с выдвижной стрелой устанавливается в заранее определенное проектом его положение в забое, откуда начинается разработка верхнего яруса (вертикальными стружками) так, чтобы она была закончена при полностью выдвинутой стреле. Остальные ярусы разрабатываются с той же стоянки. Затем следует передвижка машины для такой же разработки следующего блока.

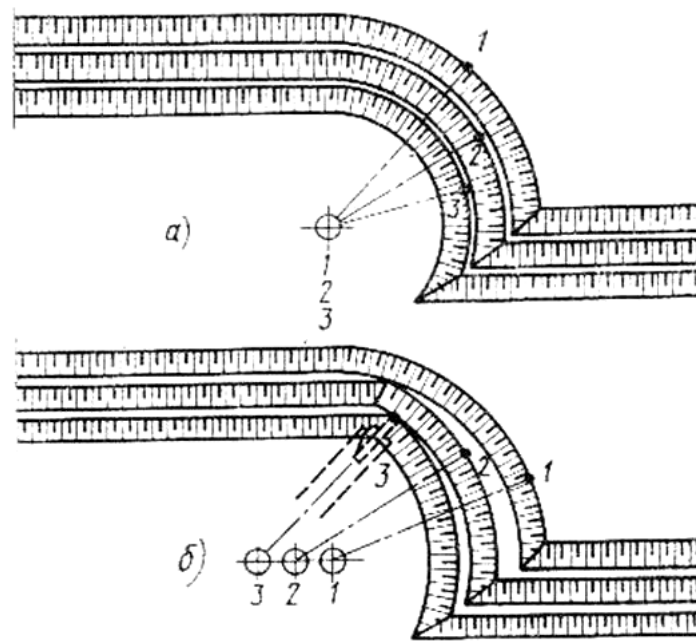


Рисунок 5. Вид сверху забоев (ярусов) с максимальной шириной при работе роторных экскаваторов с выдвижной стрелой (а) и с не выдвижной стрелой (б).

1, 2 и 3 — положения оси вращения экскаватора при соответствующих резах

Экскаватор с не выдвижной стрелой с поднятой стрелой подается оператором к забою, делается первый рез, а затем экскаватор передвигается с каждым резом до тех пор, пока

нижний пояс стрелы ротора не приблизится к бровке второго яруса забоя. Затем оператор передвигает машину назад почти на то же место, откуда была начата работа, и опускает стрелу, приступая к разработке второго яруса, при которой машина движется по уже пройденному пути.

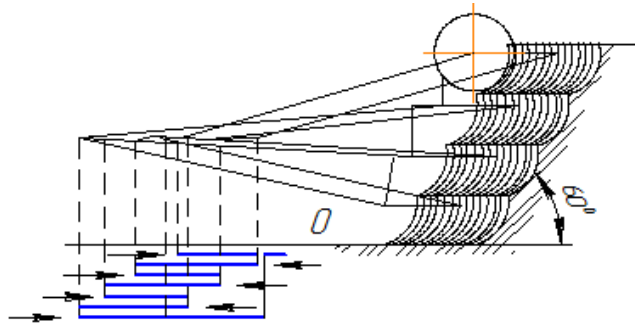


Рисунок 6. Число и длина передвижек экскаватора с не выдвигной стрелой при работе горизонтальными стружками

Таким образом, экскаватор до 7 раз (при четырех ярусах, как на рис. 6) и до 10 раз (при пяти ярусах) проходит по одному и тому же месту, что естественно, при мягких грунтах приводит к увязанию гусениц машины, нарушению горизонтальности положения платформы, а также к необходимости корректировки заданной программы автоматике, если она имеет место.

Выравнивание экскаватора требует своей автоматике и все это сильно усложняет работы. Автоматическое управление часто дублируется ручным, но при этом работу ведет высококвалифицированный оператор с использованием только некоторых элементов автоматике.

Врезание ковша в разрабатываемое полезное ископаемое сопровождается более или менее резким динамическим пиком усилия, который имеет смягченный вид только при разработке очень мягких пород.

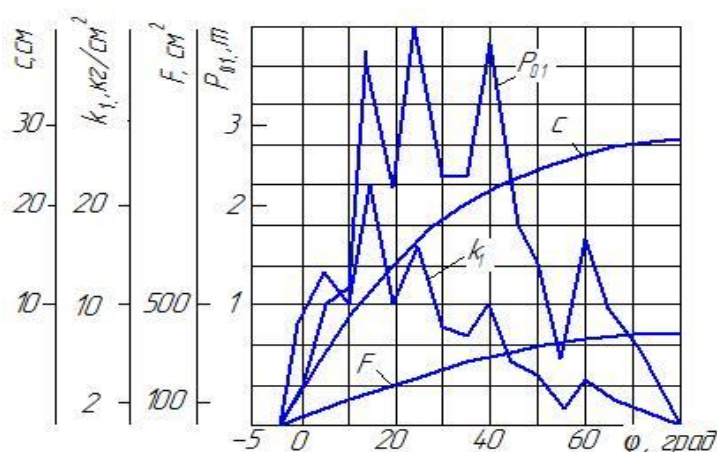


Рисунок 7. Осциллограммы усилий копания в крепком угле (высота реза $h = 2$ м, выходная толщина стружки $s_{max} = 30$ см)

Практически первый пик нагрузки имеет место при повороте ковша уже на угол 5—6° от вертикали, проведенной через ось ротора. Максимальный пик нагрузки чаще имеет место при повороте ковша на угол 20—40° (рис. 7), реже — 50—70°.

Фактическое распределение нагрузки по ковшам нельзя считать пропорциональным площади сечения срезаемой стружки. Особенно это будет ошибочно при работе экскаватора в крепких грунтах. Только в мягких и средних по крепости однородных грунтах часто наблюдается после первого пика нагрузки при врезании ковша постепенное нарастание сопротивления на ковше.

На рис. 8 показана осциллограмма нагрузки ротора, снятая при работе экскаватора ЭР-400 (8 ковшей) в крепком песчанике. Как видим, отношение наибольшей и наименьшей нагрузок ротора составляет всего 1,6. Отношение максимальной нагрузки к средней равно только 1,3.

Как мы видим увеличение толщины снимаемой стружки совсем не означает увеличение усилия копания. При оптимальном ее значении имеет тенденцию к снижению усилия копания, что особенно важно при рассмотрении добычи полезного ископаемого с использованием роторного экскаватора поперечного копания с выдвижной стрелой. Это значит, что при одной и той же мощности экскаватора за счет увеличения толщины снимаемой стружки имеем большую производительность.

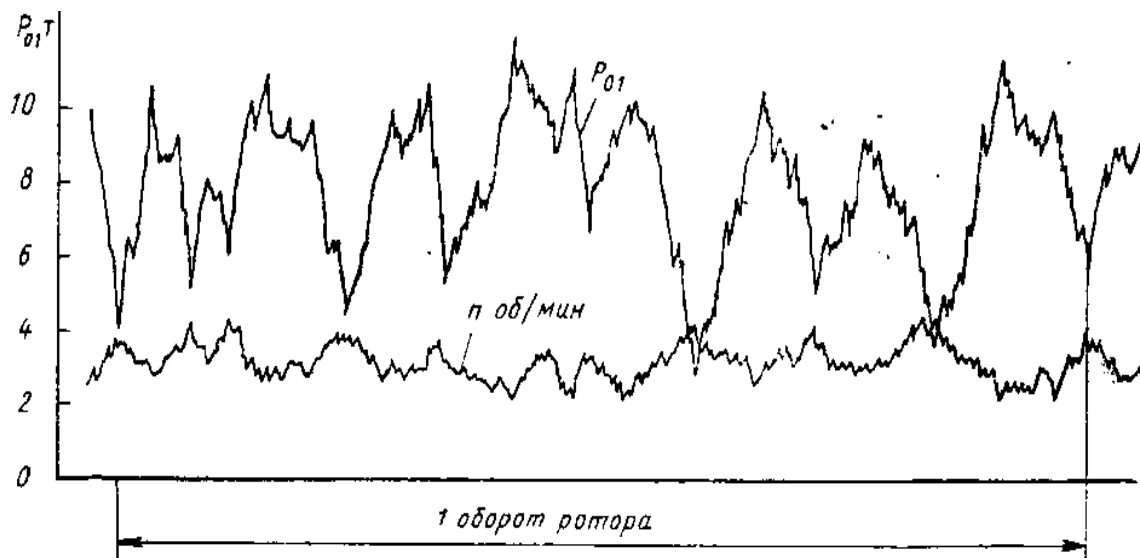


Рисунок 8. Осциллограмма усилий копания при работе экскаватора ЭР-400 (8 ковшей) в крепком песчанике.

Постановка задачи. Разработать конструкцию роторного экскаватора с телескопической стрелой с эксплуатационными возможностями роторного экскаватора с выдвижной стрелой. Определиться с направлением дальнейших исследований по улучшению технико-экономических показателей нового роторного экскаватора поперечного копания.

Изложение материала и результаты. Исследования по созданию ленточного конвейера работающего при изменяющейся длине транспортирования [2] позволили рассмотреть возможность создания роторного экскаватора с телескопической стрелой [3; 4] (рис.9), который по своим эксплуатационным возможностям способен подменить роторный экскаватор с выдвижной стрелой (рис.10).

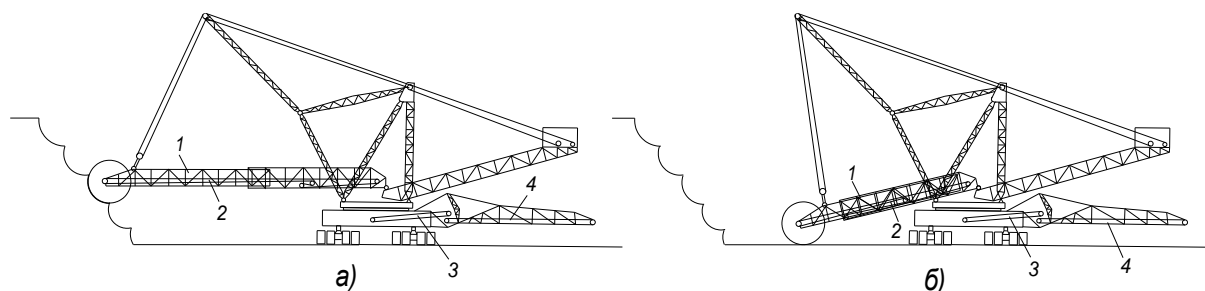


Рисунок 9. Роторный экскаватор поперечного копания с телескопической стрелой: а) при выдвинутой стреле, б) при втянутой стреле

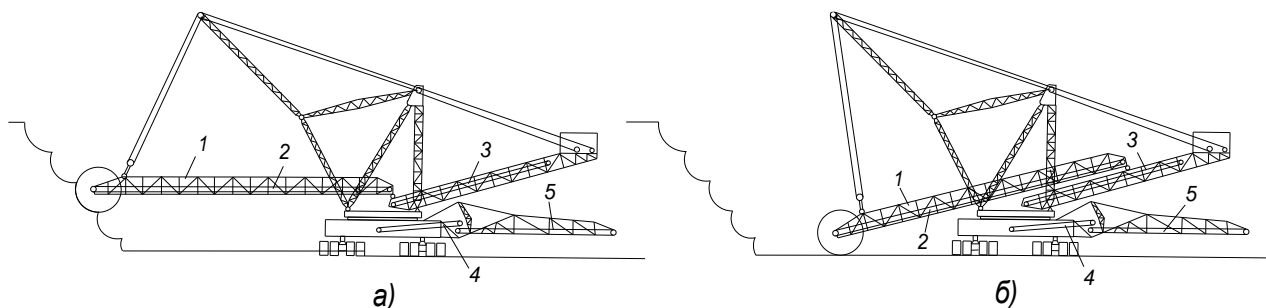


Рисунок 10. Роторный экскаватор поперечного копания с выдвигной стрелой: а) при выдвинутой стреле, б) при втянутой стреле.

В первом случае (рис.9) радиус захвата экскаватора изменяется за счет телескопичности стрелы 1.

Конструктивной особенностью роторного экскаватора с телескопической стрелой является: применение составной стрелы 1 способной изменять свою длину во время работы при помощи телескопических гидроцилиндров; использование в качестве конвейера стрелы 2 ленточный конвейер, работающий при изменяющейся длине. Транспортируемый материал от рабочего органа поступает на ленточный конвейер, работающий при изменяющейся длине 2, перегружается на промежуточный конвейер 3 и далее на разгрузочный конвейер 4.

Во втором случае (рис.10) радиус захвата экскаватора изменяется за счет втягивания стрелы 1. Транспортируемый материал от рабочего органа поступает на ленточный конвейер 2, перегружается на конвейер консоли противовеса 3, далее на промежуточный конвейер 4 и конвейер разгрузочной консоли 5.

Сравнивая конструкции роторных экскаваторов не трудно заметить, что в первом случае из транспортной цепочки исключается один конвейер в сравнении со вторым случаем.

При проведении исследований по созданию роторного экскаватора с телескопической стрелой был выполнен сравнительный анализ устойчивости роторного экскаватора поперечного копания с выдвигной стрелой и телескопической стрелой.

Проектируя роторные экскаваторы поперечного копания наиболее неблагоприятное положение равнодействующей всех сил действующих на вращающуюся часть $\sum P$ (касательной силы копания P_{01} , силы тяжести ротора G_p , стрелы ротора с грунтом $g_{с+г}$, переднего и заднего пилонов $G_1...G_5$, противовесной стрелы $G_{пр.}$ и противовеса $g_{пр.}$) определяют из двух расчетных положений:

первое – равнодействующая выходит вперед относительно плоскости проходящей через ось поворотного круга перпендикулярной к оси роторной стрелы (ближе к ротору), стрела занимает горизонтальное положение и максимально вытянута в сторону забоя рис.11;

второе - равнодействующая выходит назад (ближе к противовесу), стрела максимально опущена вниз рис.12.

Рассмотрим, как изменяется положение равнодействующей всех сил $\sum P$ при изменении радиуса захвата роторного экскаватора с телескопической и с выдвижной стрелой.

Метод расчета равнодействующей всех сил с помощью веревочного многоугольника показан на рис. 11, 12, где O — произвольный полюс, I — произвольно направленный луч. От точки K вертикально, в масштабе отложены силы тяжести и внешние нагрузки, действующие на экскаватор последовательно слева направо до пересечения с лучом 9 направления к началу последней силы — силы тяжести противовеса. К началу каждой силы проведены лучи $I-9$. Луч 10 является замыкающим в веревочном многоугольнике.

Параллельно этим лучам из произвольной точки проводим линии веревочного многоугольника $I-10$, на схеме экскаватора. Из точки пересечения луча 2 многоугольника с направлением силы P_{01} проводится продолжение луча I до пересечения с лучом 10 проведенного из точки пересечения луча 9 с направлением силы g_{np} . Точка пересечения луча I с лучом 10 дает координату места положения равнодействующей всех сил действующих на вращающуюся часть $\sum P$.

Со схемы приведенной на рис.11 во втором расчетном положении видно, что положение равнодействующей всех сил у экскаватора с телескопической стрелой находится ближе к оси опорно-поворотного круга, а это значит, что коэффициент устойчивости будет выше, чем у экскаватора с выдвижной стрелой.

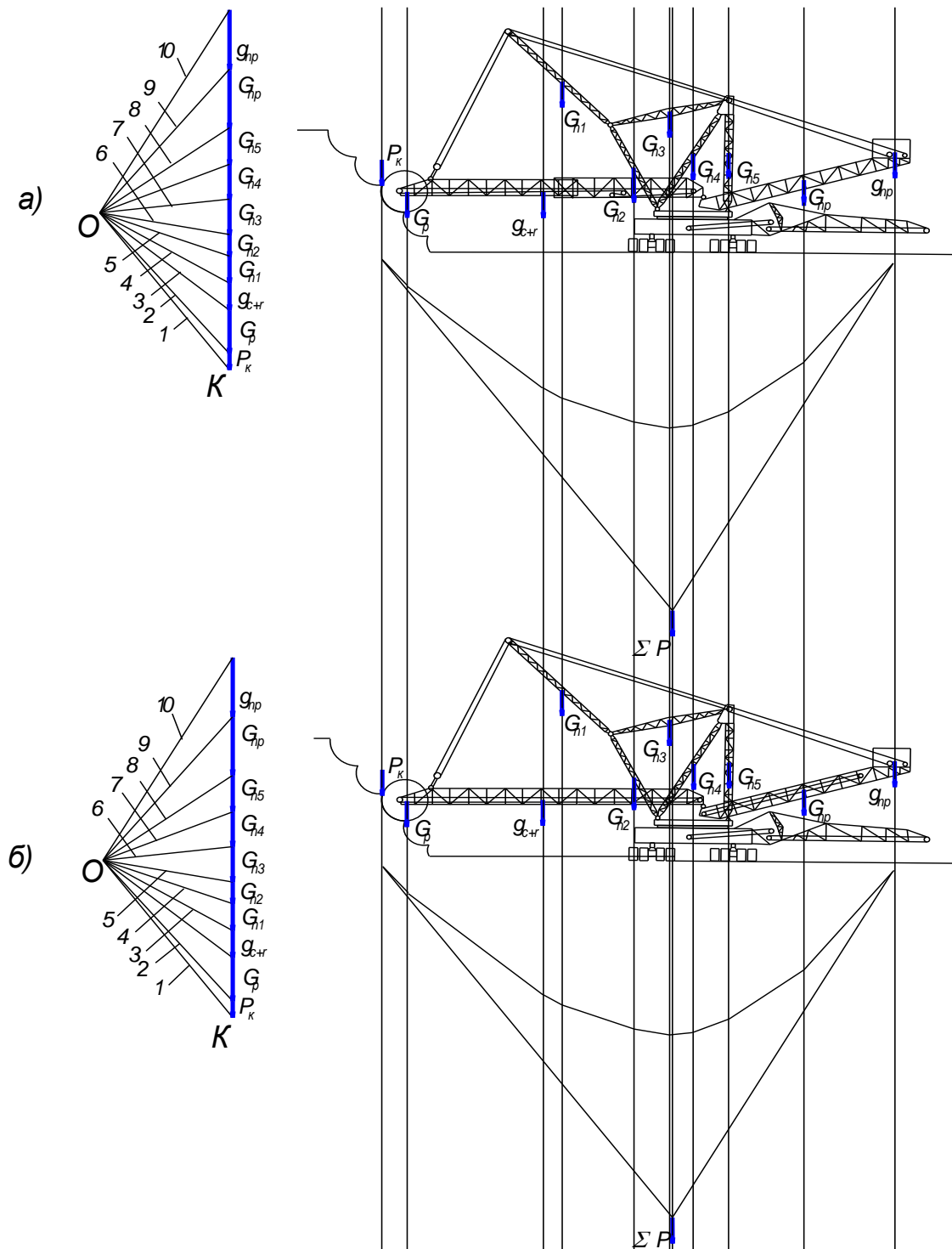


Рисунок 11. Схема к определению эксцентриситета равнодействующей вертикальных нагрузок, действующих на вращающуюся часть экскаватора, способом веревочного многоугольника для первого расчетного положения

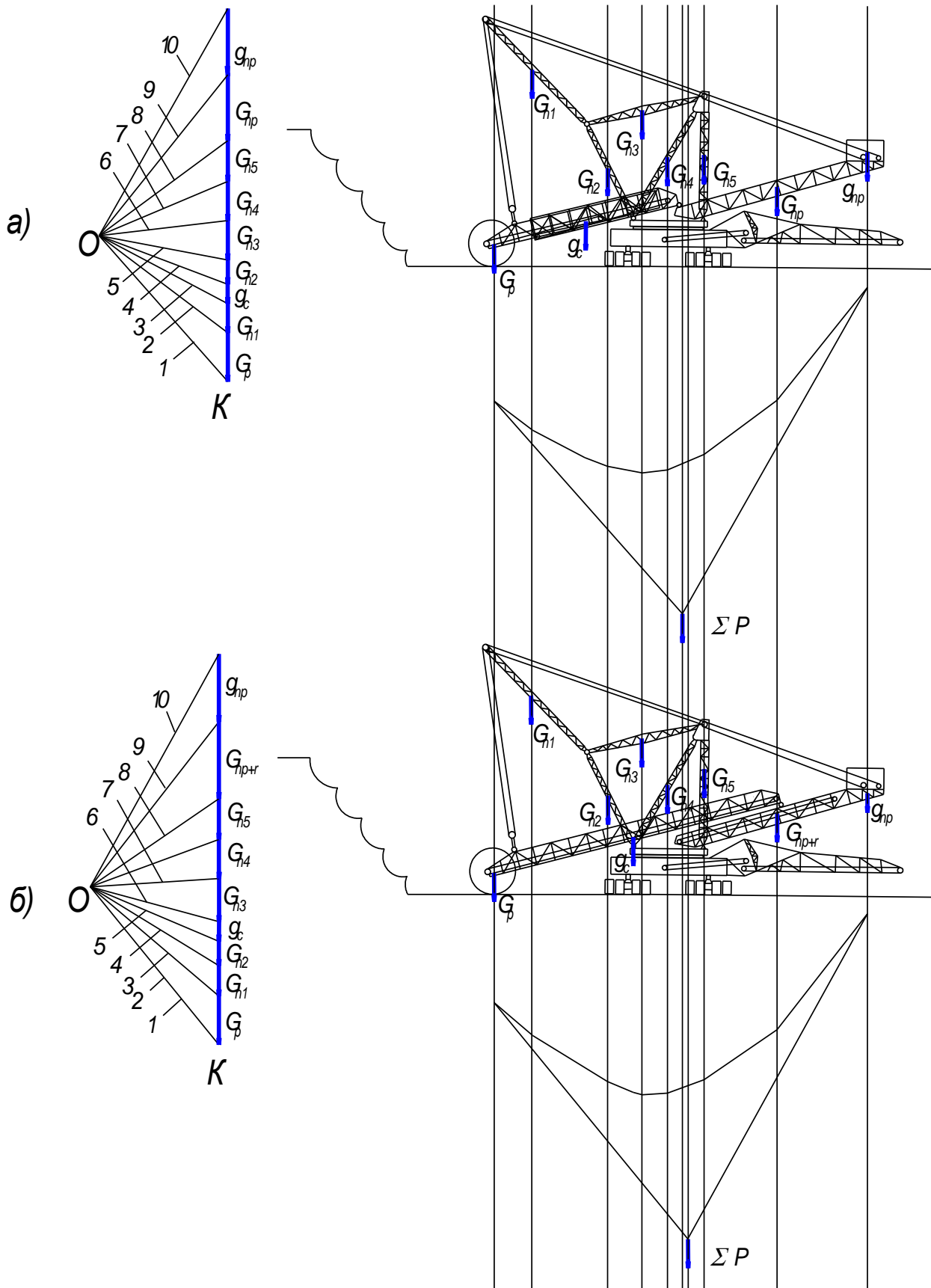


Рисунок 12. Схема к определению эксцентриситета равнодействующей вертикальных нагрузок, действующих на вращающуюся часть экскаватора, способом веревочного многоугольника для второго расчетного положения

При выполнении конструкторских исследований по созданию роторного экскаватора с телескопической стрелой за базовую машину был принят роторный экскаватор ЭР – 1250 – 17/1,5А выпускаемый заводом "Донецкгормаш" (рис.1.).

Вместо стрелы установленной на роторном экскаваторе ЭР – 1250 – 17/1,5А была установлена телескопическая стрела с расположенным на ней ленточным конвейером с изменяющейся длиной транспортирования (рис.13).

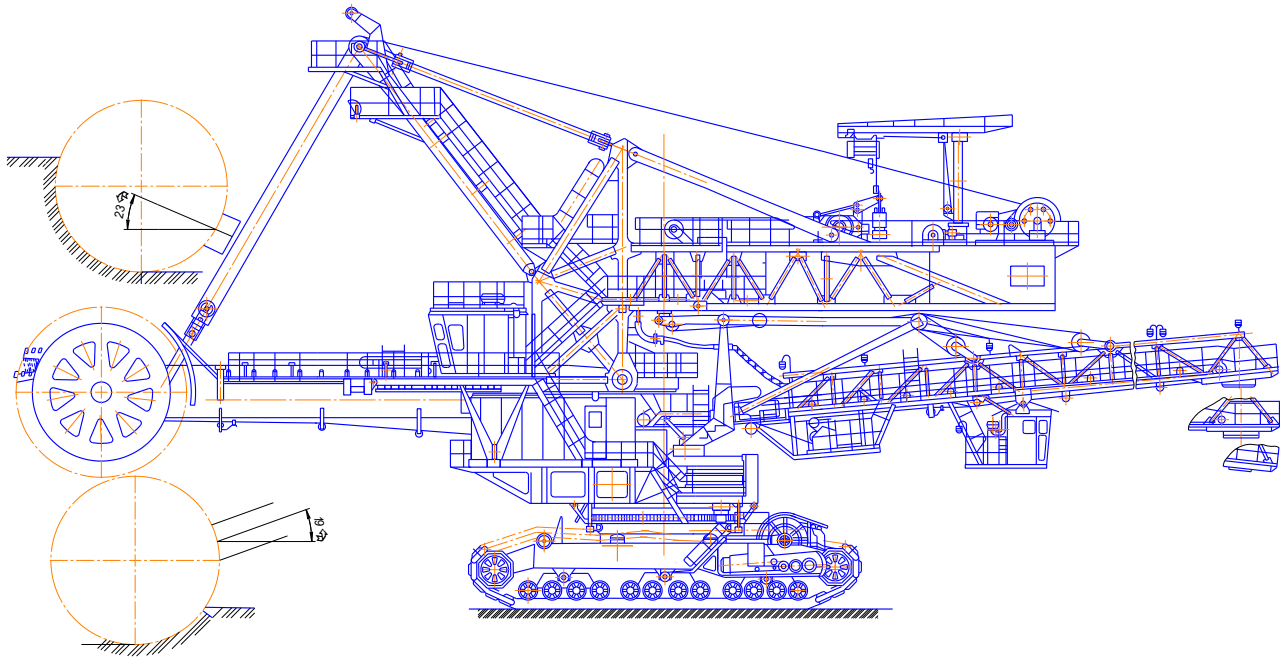


Рисунок 13. Роторный экскаватор с телескопической стрелой на базе экскаватора ЭР – 1250 – 17/1,5А

Конструкция рабочего органа с роторной стрелой и приемным ленточным конвейером приведена на рис. 14, роторной стрелы на рис.15, приемного ленточного конвейера на рис.16.

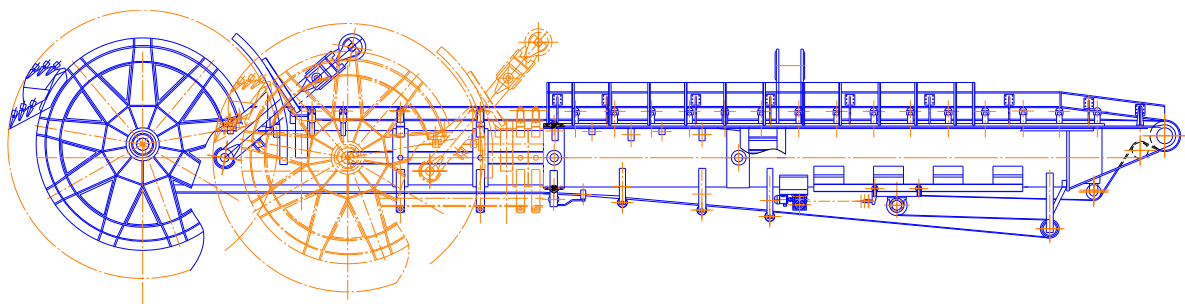


Рисунок 14. Конструкция рабочего органа с роторной стрелой и приемным ленточным конвейером

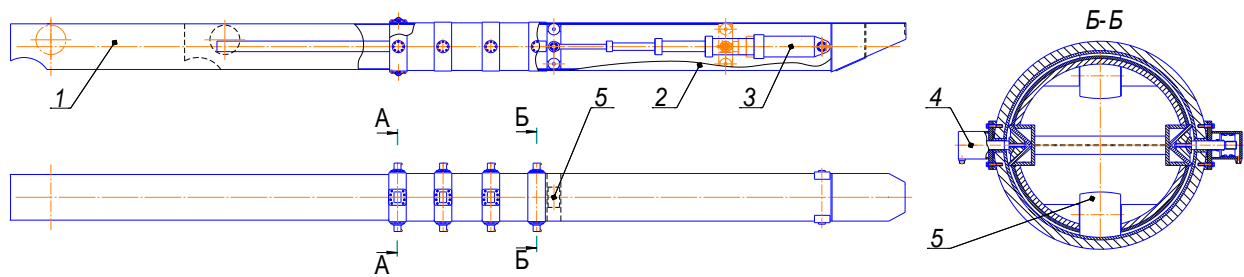


Рисунок 15. Конструкция телескопической роторной стрелы: 1 - телескопическая вставка; 2- основная секция стрелы; 3- гидроцилиндр выдвижения стрелы; 4- гидроцилиндр зажима телескопической секции; 5 – опорный ролик

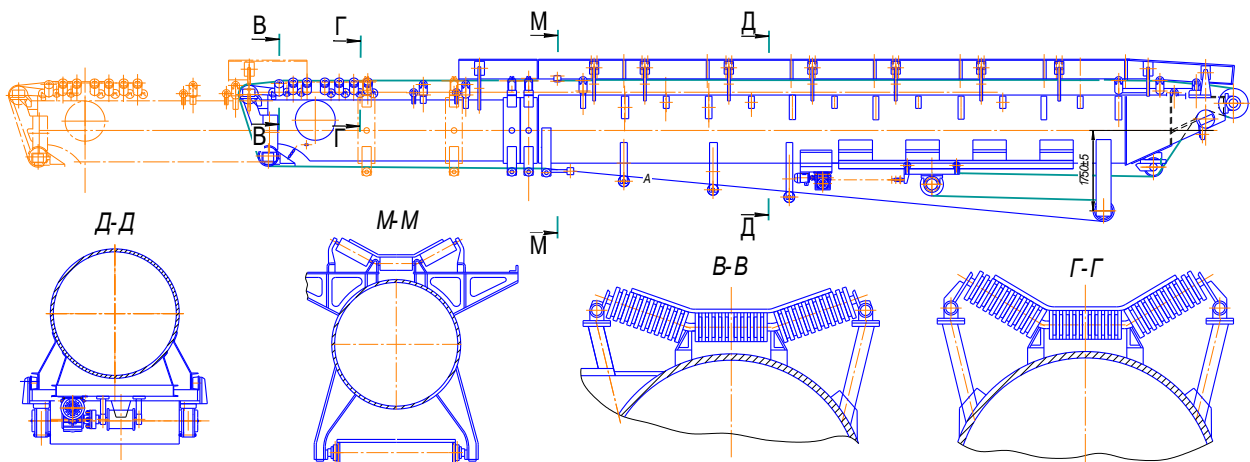


Рисунок 16. Конструкция приемного ленточного конвейера работающего при изменяющейся длине транспортирования

Предлагаемая роторная стрела состоит из двух секций: основной и выдвижной. На выдвижной секции установлено роторное колесо с приводом и перегрузочным устройством. На основной части роторной стрелы размещены узлы приемного конвейера, а внутри ее расположены гидроцилиндры выдвижения телескопической вставки.

Телескопическая секция перемещается внутри основной на четырех опорных роликах – двух передних и двух задних. Передние ролики установлены снаружи и обкатываются по основной секции (рис.17). В поперечном сечении они имеют глобоидную форму.

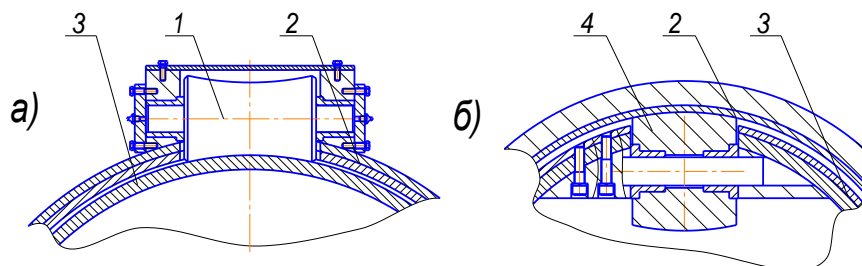


Рисунок 17. Опоры телескопической вставки а) сечение А-А рисунка 15, б) сечение Б-Б рисунка 15: 1 – ролик передней опоры; 2 – секция основная; 3 – секция телескопическая; 4 – ролик задней опоры

Ролики установленные на заднем конце телескопической стрелы обкатываются по внутренней поверхности основной секции и в поперечном сечении имеют бочкообразную форму. В местах установки роликов конструкция стрелы усилена накладками.

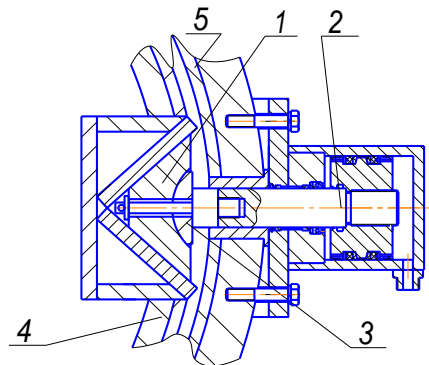


Рисунок 18. Узел зажима телескопической вставки: 1 – зажимной кулак; 2 – гидроцилиндр; 3 – сферическая опора; 4 – телескопическая секция

Фиксация телескопической вставки в заданном положении осуществляется с помощью восьми кулаков, управляемых гидроцилиндрами. Конструкция фиксирующего устройства приведена на рисунке 18. Для равномерного распределения усилия и исключения перекосов зажимных кулаков передача усилия от гидроцилиндра осуществляется через сферическую опору. Усилие необходимое для фиксации стрелы определяется только силой трения между кулаками и направляющей, поэтому усилия прижима кулаков должны быть достаточно большими. Для обеспечения прочности и жесткости конструкции телескопической вставки она спроектирована в виде объемной конструкции из двух полуцилиндрических обечаек и фермы. Ферма обеспечивает прочность и жесткость конструкции телескопической вставки при ее фиксации зажимными кулаками.

Модернизация конструкция рабочего органа с роторной стрелой и приемным ленточным конвейером (рис.14) приводит к изменению веса и расположения отдельных его элементов по сравнению с прототипом ЭР – 1250 – 17/1,5А. В связи с этим возникает необходимость проверки коэффициента устойчивости экскаватора в целом и прочности модернизированной стрелы.

Положение центра тяжести спроектированной стрелы определялось при минимальной и максимальной длине выдвинутой части телескопической вставки. Точные значения веса различных узлов и механизмов роторных экскаваторов определялись по рабочим чертежам и частично по формулам подобия [1], используемыми проектировщиками для определения веса основных частей экскаватора.

Использовалась общая методика расчета многоковшовых экскаваторов построенная на выборе наиболее невыгодных случаев положения самого экскаватора, его подвижных частей и внешних нагрузок в отношении смещения равнодействующей всех действующих на него сил в сторону рабочего органа или противоположную ему сторону.

Уравновешивание платформы определяется выбором такой величины противовеса, которая исключала бы выход равнодействующей всех сил тяжести и внешних сил из пределов опорного круга поворотной платформы во время работы экскаватора с максимальной нагрузкой. В соответствии с этим рассматривались случаи работы на

наибольшем радиусе действия, т. е. при горизонтальном положении роторной стрелы в ее предельно выдвинутом положении.

Во избежание появления колебаний поворотной платформы, возможных при выходе равнодействующей всех сил из ядра сечения опорного круга, т. е. если $e > D_k/8$ или $e < 0,125 D_k$, необходима установка специального противовеса на противовесной консоли, где e - эксцентриситет равнодействующей всех внешних нагрузок D_k , - диаметр опорно-поворотного круга.

Противовес можно не устанавливать если экскаватор имеет вес до 1000 т, и роликовое опорное устройство поворотного круга, допускающее восприятие отрывающих нагрузок (нагрузок, стремящихся оторвать вращающуюся часть экскаватора от нижней рамы), можно брать значение $e \geq 0,125 D_k$, если при этом давление ходовых частей на грунт не выходит за пределы допускаемых значений и не вызывает сильных просадок грунта [1]. При этом запас устойчивости машины должен быть:

$$K \geq \frac{\sum M_{yd}}{\sum M_{opr}} \geq 1,25$$

Учитывая, что вес основных узлов экскаватора определялся, но эмпирическим зависимостям, основанным на геометрическом подобии машин, и погрешность этих формул не велика нет смысла определять конкретный вес противовеса. Однако следует привести указания, которые следует учесть при более точном расчете.

Для расчета металлоконструкции модернизированной стрелы определялись действующие на нее нагрузки, а именно:

- нагрузки от веса расположенных на стреле узлов и механизмов, а также распределенная нагрузка от транспортируемого приемным конвейером грунта, веса секций телескопической стрелы;
- ветровые нагрузки;
- нагрузки от рабочего процесса – разрушения грунта;
- инерционные нагрузки, возникающие при повороте стрелы в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Проверочный расчет на прочность элементов конструкции стрелы выполнялись при максимальном выдвижении телескопической секции в трех ее положениях и максимально допустимом, по мощности привода роторного колеса усилию копания.

Мощность привода роторного колеса была принята равной мощности прототипа экскаватора ЭР – 1250 – 17/1,5А.

Расчетные положения телескопической роторной стрелы рассматривались в горизонтальной плоскости следующими:

- горизонтальное положение выдвинутой стрелы;
- стрела ротора поднята на полную высоту забоя 8920 мм от горизонтального положения (по прототипу)
- роторная стрела опущена в крайнее нижнее положение на 8180 мм от горизонтального положения (по прототипу).

Так же были выполнены расчеты гидроцилиндров стрелы. Параметры гидроцилиндров определялись исходя из усилий, которое, должен обеспечивать каждый из них.

Выводы.

1. Спроектированный роторный экскаватор с телескопической стрелой позволяет:

- при переходе к разработке нового блока, переходе от подступа к подступу затрачивать на 3 % времени меньше, чем его прототип;
- применять его при селективной разработке поропластов или в условиях передвижения машины по относительно слабым грунтам;
- за счет разработки забоя стружкой равной толщины (меньшего удельного усилия резанья) иметь меньший удельный показатель затрат энергии на единицу произведенной продукции чем роторный экскаватор с не выдвижной стрелой ЭР – 1250 – 17/1,5А.

2. Заменяя роторный экскаватор с выдвижной стрелой на спроектированный роторный экскаватор с телескопической стрелой, имеет на один ленточный конвейер (консоли противовеса) меньше.

3. Создание и испытание опытного образца или действующего макета роторного экскаватора с телескопической стрелой позволит выявить конструктивные недостатки и усовершенствовать предлагаемую конструкцию.

Направления дальнейших исследований. Иногда, для увеличения производительности машины, на роторной стреле экскаватора устанавливают ленточный конвейер с прижимной лентой. Установка такого конвейера позволяет разрабатывать большую высоту забоя. Угол транспортирования разрабатываемого материала таким конвейером может достигать 45 и более градусов. Вместе с тем применение ленточного конвейера, работающего при изменяющейся длине с прижимной лентой, становится не возможным.

Замена ленточного конвейера с прижимной лентой на трубчатый может решить эту задачу при условии, что переходной участок с развернутой ленты на трубчатую может быть не значительным.

Попытки сокращения переходного участка с развернутой ленты на трубчатую описаны в работе [5]. Вместе с тем исследования следует продолжить, рассмотрев кинематику движения ленты на барабане имеющем глубокую желобчатость. Решение данной задачи позволит использовать трубчатый ленточный конвейер при проектировании новых землеройно-строительных машин [6].

Литература

1. Домбровский Н. Г. Многоковшовые экскаваторы. М.: Машиностроение, 1972. 432 с.
2. Гаврюков А.В. Теория и практика использования ленточных конвейеров, работающих при изменяющейся длине. – Макеевка: ДонНАСА, 2007. – 119с.
3. А.В. Гаврюков. Роторный экскаватор поперечного копания с телескопической стрелой. Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сборник научных трудов. – Донецк: ДонНТУ, 2006. Вып.32. С. 69-74
4. Патент на винахід. №88392 МПК (2009) E02F 5/16 (2009.01), E02F 9/14, E02F 3/18 E21C 47/00, E21C 49/00 Роторний екскаватор поперечного копання з телескопічною стрілою, / Гаврюков О.В. № а 2008 01569; Заявл. 07.02.08., Опубл. 12.10.09., Бюл. № 19. (Україна). - 3с.
5. Гаврюков А.В., Кралин А. К., Талалай В.А. Перспективность применения ленточных конвейеров с изменяющейся длиной и барабанами имеющими кривую образующую поверхность // СБ. науч. тр Современное промышленное и гражданское строительство. Том 7, №2. – Макеевка: ДонНАСА, 2011. С. 105 – 113.
6. О.В. Гаврюков. Розвиток теорії трубчастих стрічкових конвеєрів. // Краматорськ: ДонНАБА, 2017. – 279с.