

УДК 622.232.7

В.П. Кондрахин, д-р техн. наук, проф.,
Донецкий национальный технический университет,
Н.И. Стадник, д-р техн. наук, Донгипроуглемаш

АНАЛИЗ КОМПОНОВОЧНЫХ СХЕМ КОМБАЙНОВ ДЛЯ ВЫЕМКИ ТОНКИХ ПЛАСТОВ ПО МАССОВОГАБАРИТНЫМ КРИТЕРИЯМ

Разработаны массовогабаритные критерии оценки и выполнен анализ компоновочных схем очистных комбайнов для выемки тонких пластов. Установлены перспективные с точки зрения массы и габаритных размеров компоновочные схемы.

Ключевые слова: очистной комбайн, масса, габаритный размер, компоновочные схемы, критерии.

Проблема и ее связь с научными или практическими задачами. В практике угольного комбайностроения у нас в стране и за рубежом существует большое многообразие компоновочных схем очистных комбайнов. В большинстве случаев они имеют симметричную схему компоновки с двумя шнековыми исполнительными органами, расположенными по концам корпуса машины. При этом используются либо встроенные бесцепные системы перемещения (БСП) с жестким тяговым органом в виде цевочной или зубчатой рейки (рис. 1), либо вынесенные системы перемещения (ВСП) с цепным тяговым органом (рис. 2). Эти схемы имеют множество вариантов в зависимости от типа привода исполнительных органов (общий или отдельный) и от взаимного расположения корпуса комбайна и забойного конвейера.

Большое многообразие компоновочных схем требует разработки критериев их сравнения с целью выбора оптимальных схемных решений очистных комбайнов.

Анализ исследований и публикаций. В работе [1] предложен критерии оценки компоновочных схем очистных комбайнов по фактору энерговооруженности. В работах [2, 3] рассмотрены основные вопросы проектирования очистных комбайнов для тонких пологих пластов. Однако многообразие компоновочных схем очистных комбайнов, в том числе и разработанных в последние годы, свидетельствует об отсутствии до настоящего времени единства мнений специалистов по проблеме выбора рациональной компоновочной схемы очистного комбайна.

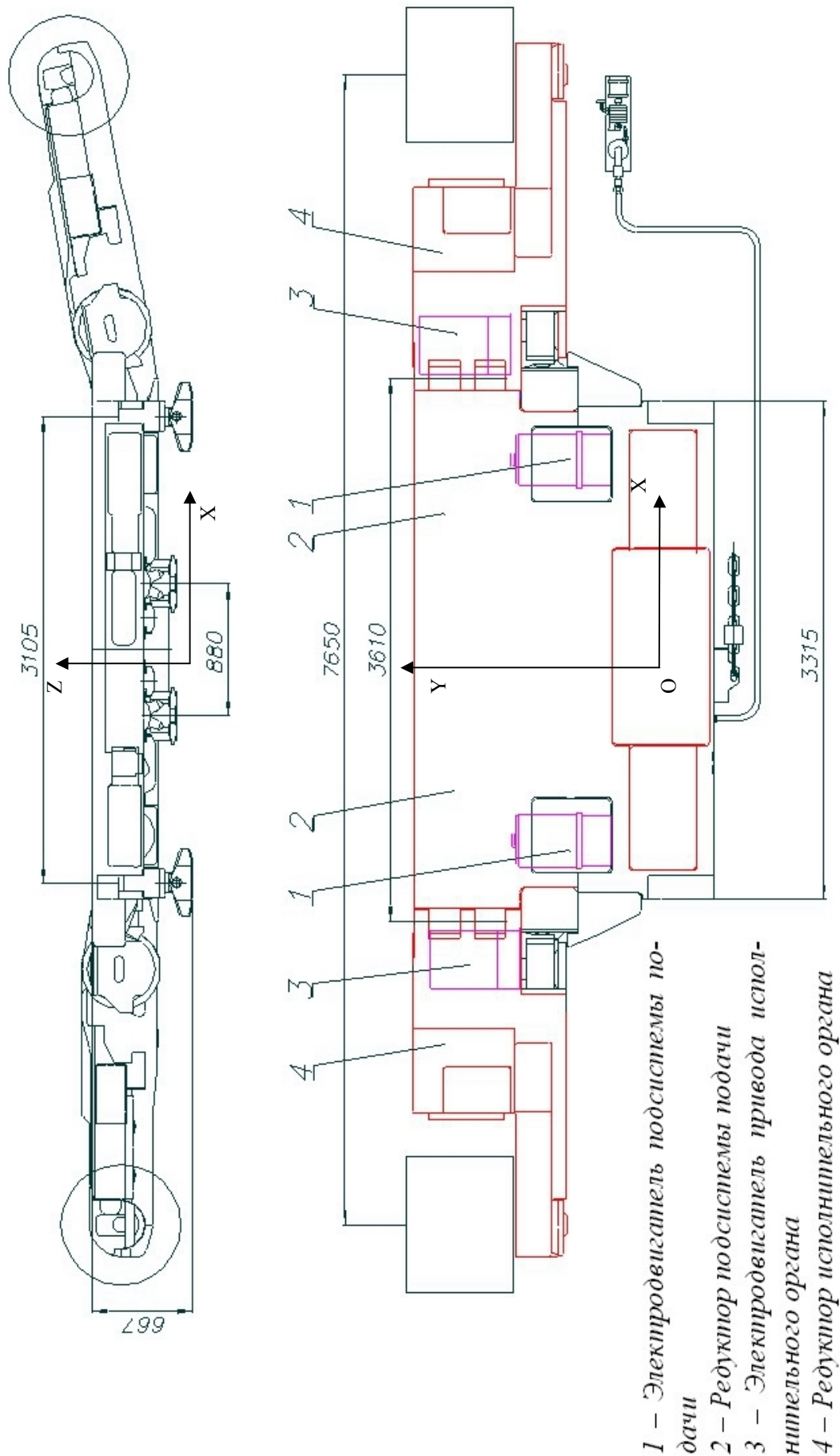


Рис. 1.- Компонентная схема комбайна УКД400

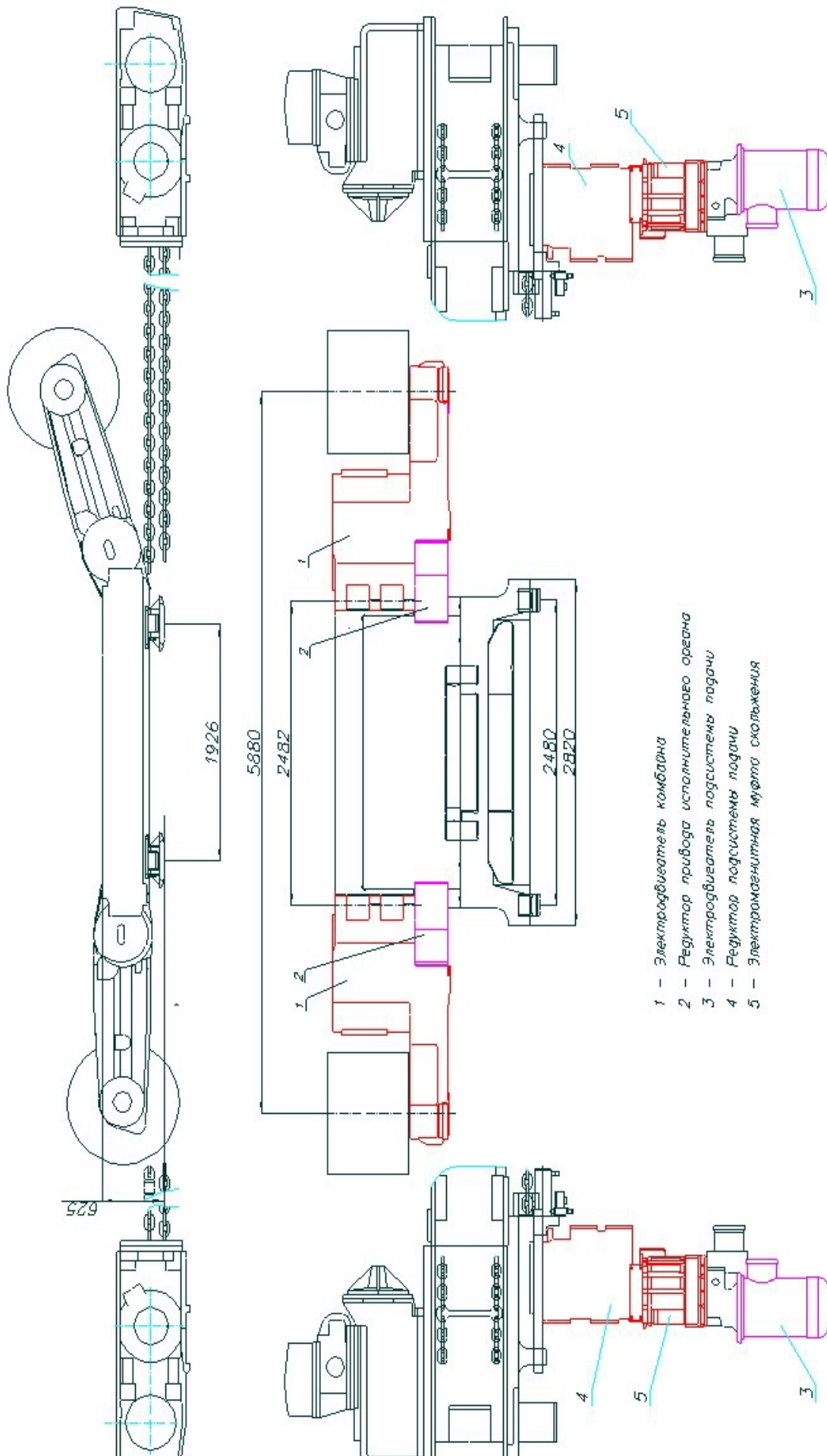


Рис. 2. - Компонентная схема комбайна УКД200-400

Постановка задачі. Целью работы является выбор и обоснование критериев и проведение анализа компоновочных схем очистных комбайнов для выемки тонких пологих пластов с позиции их массы и основных размеров.

Изложение материала и результаты. Для оценки массово-габаритных характеристик машин в качестве критериев оценки компоновочных схем обычно принимаются следующие:

- 1) Наибольшее расстояние между осями исполнительных органов $L_{\text{ио}}$. Этот размер должен быть минимальным ($L_{\text{ио}} \rightarrow \min$), так как определяет расстояние, которое проходит комбайн в процессе концевых операций, и, следовательно, продолжительность этих операций. Для комбайнов с несимметричной схемой компоновки (1К101У) и комбайнов с барабанными исполнительными органами (КА80, КА200) вместо этого критерия следует использовать общую длину корпуса машины.
- 2) Высота корпуса комбайна от уровня почвы ($H_{\text{к}} \rightarrow \min$), определяет минимальную мощность вынимаемого пласта.
- 3) Масса комбайна $m_{\text{к}}$.

Указанные критерии не полностью характеризуют компоновочную схему машины, поэтому дополнительно целесообразно ввести следующие критерии:

- 4) Расстояние между осями поворота поворотных редукторов или поворотных блоков резания $L_{\text{п}}$, которое определяет длину жесткой базы комбайна и его вписываемость в пласт неспокойной гипсометрии. Для комбайнов с несимметричной схемой компоновки (1К101У) и комбайнов с барабанными исполнительными органами (КА80, КА200) вместо этого критерия следует использовать общую длину корпуса машины. Критерий $L_{\text{п}}$ должен быть минимизирован ($L_{\text{п}} \rightarrow \min$). Нетрудно видеть, что параметры $L_{\text{ио}}$ и $L_{\text{п}}$ для комбайнов со шнековым исполнительным органом симметричной компоновки определяют длину поворотного редуктора (или блока резания)

$$L_{\text{р}} = 0,5(L_{\text{ио}} - L_{\text{п}}).$$

В свою очередь параметр $L_{\text{р}}$ влияет на величину диапазона регулирования исполнительных органов по мощности пласта.

- 5) Расстояние между завальными опорами комбайна ($L_{\text{зо}} \rightarrow \max$), определяет величину дополнительных сил сопротивления $F_{\text{дс}}$, обусловленных разворотом корпуса в плоскости пласта

вследствие несовпадения линий действия тягового усилия механизма перемещения и результирующего вектора сил сопротивления движению. Действительно, приняв прямоугольную систему координат $OXYZ$ с началом в точке O , равноудаленной от опор комбайна (см. рис. 1), согласно [4] для комбайна УКД300

$$F_{\text{дс}} = \frac{2f}{L_{30}} \left\{ M_z - L_y \left[f \left(\frac{3M_x}{2L_y} + \frac{M_y L_{\text{заб}}}{L_{30}^2 + 2L_{\text{заб}}^2} - \frac{F_z}{2} \right) - \frac{F_x}{2} \right] \right\},$$

где F_x, F_z – суммарные проекции сил на исполнительных органах и силы веса комбайна на оси выбранной системы координат;

M_x, M_y, M_z – суммарные проекции моментов указанных сил на оси выбранной системы координат;

f – коэффициент трения опор о решетки забойного конвейера;

$L_{\text{заб}}$ – расстояние между забойными опорами;

L_y – расстояние между забойными и завальными опорами в направлении оси Y .

Расчеты, выполненные с использованием математической модели комбайна УКД300 [4], показывают, что в представительных условиях эксплуатации увеличение L_{30} от 2 до 3,5 м приводит к снижению требуемого тягового усилия механизма перемещения на 20-25 %.

б) Масса движущихся частей системы «комбайн - тяговый орган» $m_{\text{дв}}$, которая для комбайнов с вынесенной системой перемещения зависит от массы комбайна $m_{\text{к}}$, длины лавы L и погонной массы цепи $q_{\text{ц}}$:

$$m_{\text{дв}} = m_{\text{к}} + 2q_{\text{ц}} L. \quad (1)$$

Критерий $m_{\text{дв}}$ определяет величину динамических нагрузок, формирующихся в переходных режимах работы механизма перемещения, а также длину выбега после остановки машины и должен быть минимальным ($m_{\text{дв}} \rightarrow \min$).

Значение массово-габаритных критериев оценки компоновочных схем комбайнов для выемки тонких пластов приведены в таблице.

Таблица - Массово-габаритные критерии оценки компоновочных схем очистных комбайнов для выемки тонких пластов

| Тип комбайна | Расстояние между осями исполнительных органов $L_{ио}$, мм | Расстояние между осями поворотных редукторов $L_{п}$, мм | Расстояние между завальными опорами $L_{зо}$, мм | Высота корпуса комбайна (от почвы), H_k , мм | Масса движущихся частей системы «комбайн-тяговый орган», т |
|---------------------------------------|---|---|---|--|--|
| Комбайны предыдущего поколения | | | | | |
| РКУ10 | 6570 | 4620 | 4455 | 920 | 18,6 |
| 1К101У | 6680* | 6680* | 4525 | 740 | 10,4 |
| К103М | 4660 | 2580 | 2580 | 636 | 16,5** |
| КА80 | 5000* | 5000* | 3530 | 530 | 18,3** |
| Комбайны нового поколения | | | | | |
| УКД 300 | 6660 | 3330 | 2160 | 688 | 17 |
| | 7440 | | | | 20 |
| УКД400 | 7650 | 3610 | 3105 | 634 | 21 |
| УКД 200-400 | 5880 | 2482 | 2480 | 625 | 22** |
| УКД 200-250 | 5870 | 4030 | 2520 | 625 | 19,9** |
| МВ 220Е (Чехия) | 7580 | 4200 | 3500 | 660 | 13,2 |
| КА200 | 5000* | 5000* | 3530 | 530 | 18,5** |

*- длина основного корпуса, которая для комбайнов 1К101У, КА200 и КА80 выполняет роль критериев $L_{ио}$ и $L_{п}$.

** - масса движущихся частей соответствует работе в лаве длиной $L=200$ м.

Анализ таблицы показывает, что морально устаревшие комбайны 1К101У, имеющие низкую энерговооруженность, проигрывают комбайнам нового поколения и по основным габаритным критериям.

Комбайны со шнековыми исполнительными органами и ВСП (УКД200-250, УКД200-400 и К103М) по сравнению с комбайнами со встроенными механизмами перемещения имеют меньший размер $L_{ио}$ (в 1,1...1,6 раза), что сказывается на сокращении затрат времени и трудоемкости концевых операций. Комбайны УКД200-400 и К103М имеют также значительно меньшую величину критерия $L_{п}$, определяющего вписываемость машины в пласт сложной гипсометрии.

Однако у комбайна УКД200-250 с ВСП критерий $L_{п}$ больше на 20% по сравнению с комбайном УКД300 с БСП. Это различие в габаритных критериях комбайна УКД200-250 по сравнению с комбайнами К103М и УКД200-400 можно объяснить преимуществом принятой на комбайнах К103М и УКД200-400 поперечной схемы расположения приводного электродвигателя, позволяющей сократить длину основного корпуса машины. Такую схему можно рекомендовать для комбайнов с ВСП и общим приводом исполнительных органов.

Отечественные комбайны нового поколения имеют преимущества по габаритным критериям по сравнению с чешским комбайном MB220E. Однако обращает на себя внимание тот факт, что отечественные комбайны, имеющие смещенный в сторону забоя корпус, по сравнению с чешским комбайном MB220E, имеют меньшее в 1,1...1,6 раза значение критерия $L_{зо}$. Как указывалось выше, этот критерий примерно обратно пропорционально влияет на величину боковых реакций в завальных опорах и, следовательно, влияет на силу сопротивления движения машины.

По величине критерия H_k все комбайны со шнековым исполнительным органом примерно одинаковы, наличие ВСП не дает существенных преимуществ по этому критерию.

Сравнивая другие габаритные критерии комбайнов с ВСП (УКД200-250, УКД200-400) и с БСП (УКД300, УКД400) можно сделать следующие выводы:

- комбайны с ВСП по сравнению с комбайнами с БСП имеют лучшие значения критериев $L_{ио}$ (на 13-30%);
- комбайн УКД200-400 имеет лучшее значение критерия $L_{п}$ (на 34% меньше, чем у УКД300, и на 45% меньше, чем у УКД400);
- по своим габаритным параметрам комбайн УКД200-400 лучше приспособлен для работы в пластах со сложной гипсометрией без присечки пород кровли и почвы, чем комбайны с БСП; однако в пластах со сложной гипсометрией при большой длине лавы будут существенно возрастать силы сопротивления движению тягового органа.

Как следует из формулы (1) критерий $m_{дв}$ - масса движущихся частей системы «комбайн - тяговый орган» - для ВСП зависит от длины очистного забоя, а для БСП равен массе комбайна. На рис. 3 приведены графики зависимости критерия $m_{дв}$ от длины лавы L для комбайнов оснащенных ВСП (УКД200-250, К103М) и БСП (УКД300). Как видно из графиков, уже при $L=113$ м критерий $m_{дв}$ для комбайна УКД200-250 становится больше, чем у более тяжелого комбайна УКД300 с БСП. При длине лавы 350 м масса движущихся частей комбайна УКД200-250 превышает соответствующий параметр УКД300 в 1,4 раза.

Для комбайна К103М масса движущихся частей $m_{дв}$ при длине лавы больше, чем 215 м, также превышает соответствующий параметр значительно более мощного и тяжелого комбайна УКД300. Таким образом, при работе комбайнов в лавах длиной более 100-200 м более легкие комбайны с ВСП имеют существенно (до 1,4 раза) большую массу подвижных частей (с учетом движущегося тягового органа) по сравнению с комбайном УКД300, оснащенного БСП.

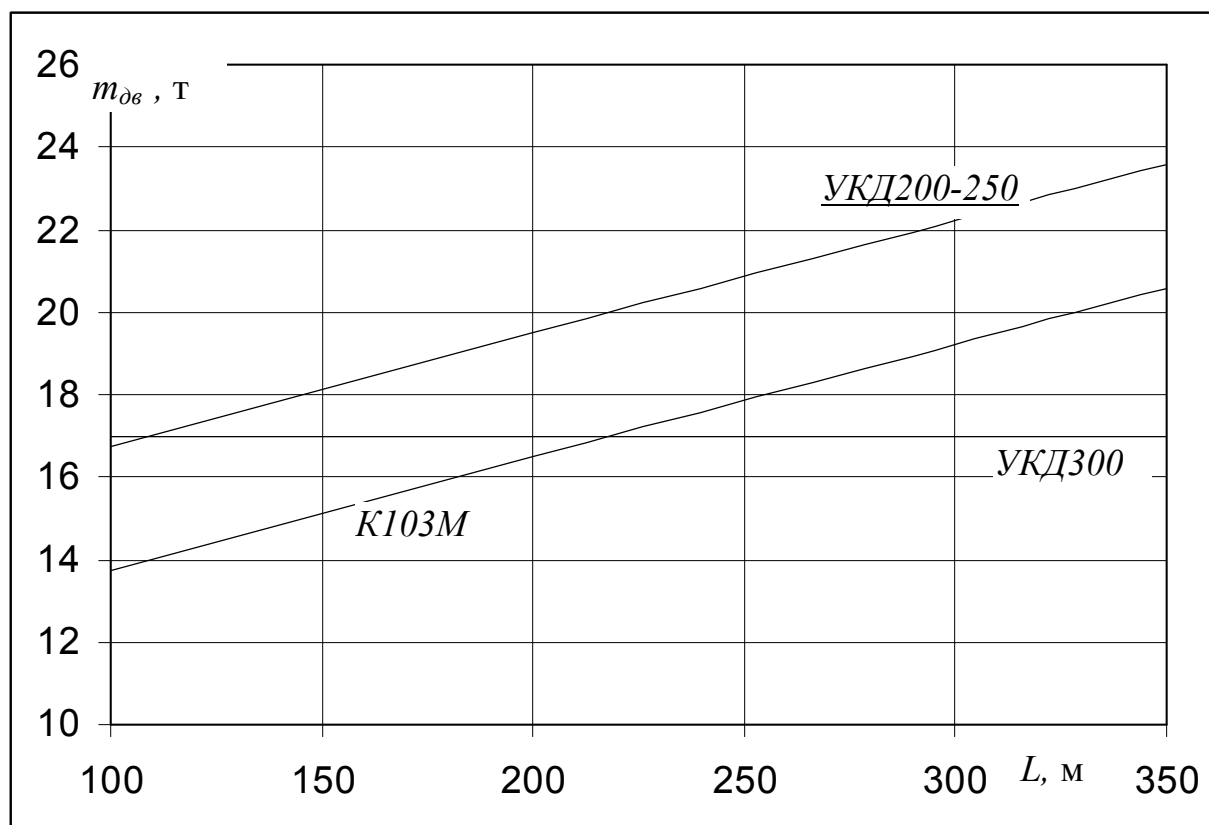


Рис. 3. – График зависимости критерия $m_{дв}$ от длины очистного забоя L

На практике это означает, что комбайны с ВСП в длинных лавах будут иметь сравнительно более высокие пусковые нагрузки механизма перемещения и тягового органа и увеличенную по сравнению с БСП длину свободного выбега (тормозной путь) при остановке. При анализе массы движущихся частей системы «комбайн-тяговый орган» можно сделать вывод, что уже при длине лавы 200 м критерий $m_{дв}$ для комбайнов с ВСП оказывается больше, чем для комбайнов со встроенным механизмом перемещения. При увеличении длины лавы этот разрыв будет возрастать. Таким образом, при работе в длинных лавах (длиной более 200 м) пусковые режимы и выбег приводов вынесенных систем перемещения менее благоприятны по сравнению с встроенными механизмами перемещения.

Выводы и направление дальнейших исследований. Дополнительно к известным критериям «масса комбайна», «габаритные размеры: длина, высота, ширина», «наибольшее расстояние между осями исполнительных органов $L_{ио}$ » предложены новые критерии оценки компоновочных схем очистных комбайнов с точки зрения массово-габаритных параметров: расстояние между осями поворота поворотных редукторов (блоков резания) $L_{п}$, расстояние между завальными опорами $L_{зо}$, масса движущихся частей системы «комбайн - тяговый орган».

Комбайны с ВСП по сравнению с комбайнами с БСП имеют лучшие значения критериев $L_{ио}$ (на 13-30%) и критерия $L_{п}$ (на 34% - 45%).

Для представительных условий эксплуатации увеличение $L_{зо}$ от 2 до 3,5 м приводит к снижению требуемого тягового усилия механизма перемещения комбайна типа УКД300 на 20-25 %.

Для комбайнов с ВСП и общим приводом исполнительных органов можно рекомендовать компоновочную схему с поперечным расположением приводного электродвигателя.

При работе комбайнов в лавах длиной более 100-200 м более легкие комбайны с ВСП имеют существенно (до 1,4 раза) большую массу подвижных частей (с учетом движущегося тягового органа) по сравнению с комбайном УКД300, оснащенного БСП.

В дальнейшем с использованием предложенных критериев следует выполнить сравнительный многокритериальный анализ комбайнов с ВСП и с БСП, а также сравнительный анализ комбайнов со шнековыми и барабанными исполнительными органами.

Список літератури

1. Кондрахин В.П. Анализ компоновочных схем комбайнов для выемки тонких пластов по критериям энерговооруженности / В.П. Кондрахин, В.В. Косарев, Н.И. Стадник // Наукові праці ДонНТУ. Серія: гірничо-електромех. – 2011. – Вип. 21 (189). – С. 76-84
2. Бойко Н.Г. Привод исполнительных органов очистных комбайнов: [монография] / Н.Г.Бойко. – Донецк: ДУНВГО, 2005. – 140 с.
3. Бойко Н.Г. Очистные комбайны для тонких пологих пластов: [монография] / Н.Г.Бойко. – Донецк: ДУНВГО, 2010.- 476 с.
4. Математическая модель для определения нагрузок в опорно - направляющих устройствах и механизме перемещения очистного комбайна УКД300 / В.П. Кондрахин, Н.М. Лысенко, А.В. Косарев и др. // Наукові праці ДонНТУ. Серія: гірничо-електромех. – 2005. – Вип. 99. – С. 111-120.

Стаття надійшла до редколегії 01.11.2011.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Г.Гуляев

В.П. Кондрахін, М.І. Стадник. Аналіз компоновальних схем комбайнів для виїмки тонких пластів за масогабаритними критеріями. Розроблено масогабаритні критерії оцінки й виконано аналіз компоновальних схем очистних комбайнів для виїмки тонких пластів. Установлено перспективні з погляду маси і розмірів машин компоновальні схеми.

Ключові слова: очисний комбайн, маса, габаритні розміри, компоновальні схеми, критерії.

V.P. Kondrakhin, N.I. Stadnik. Analysis of the Layout Schemes of the Cutter Loader for the Excavation of Thin Seam by the Mass and Overall Dimensions Criteria. Criteria for mass and size of cutter loader are developed. The analysis of the layout schemes of the cutter loader for the excavation of thin seam is performed. New layout schemes from the point of view of mass and overall dimensions are suggested.

Keywords: cutter loader, mass, overall dimension, layout schemes, criteria.

© Кондрахин В.П., Стадник Н.И., 2011