

С.И. Худорожков¹, А.В. Юркевич²

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БУРОВЫХ УСТАНОВОК ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ БЕССТУПЕНЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ БЛАГОНРАВОВА В СИСТЕМЕ ВЕРХНЕГО ПРИВОДА



¹Сергей Иванович Худорожков,
Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого
Россия, Санкт-Петербург
Тел.: (812)123-4567, E-mail: xcu-55@mail.ru.



²Андрей Владиленович Юркевич,
Институт машиноведения им. Э.С. Горкунова УрО РАН
Россия, Екатеринбург
Тел.: (343)374-4725, E-mail: urkeva@mail.ru.

Аннотация

В статье рассматривается вопрос установки в системе верхнего привода буровых установок механической бесступенчатой передачи с электроприводом. Рассматриваются недостатки и преимущества существующих конструкций верхних силовых приводов буровых установок в электрическом и гидравлическом исполнении. Приводятся результаты расчета внешней характеристики привода показывающие, что использование механической бесступенчатой передачи Благонравова в качестве редукторного узла обеспечит более полное использование мощности электродвигателя. При этом размеры передачи не превысят габариты существующих редукторных узлов соответствующей мощности.

Ключевые слова: буровая установка, эффективность, верхний силовой привод, механическая бесступенчатая передача, внешняя характеристика привода

Введение

Эффективность буровых установок [1,2] обеспечивается полной выполнением комплекса основных требований: технических (используемые современные технологии бурения), эксплуатационных (доступность ее агрегатов для технического обслуживания и ремонта, производительность механического бурения и спускоподъемных операций), технологических (материальные и трудовые затраты на изготовление буровых установок), экономических (обеспечение минимальных производственных и эксплуатационных расходов), социальных (безопасность работы, легкость управления и обеспечение нормальных условий труда для обслуживающего персонала) и специальных (условия работы буровых установок - море, пересеченная местность, транспортное средство и т.д.).

По сравнению с традиционными способами бурения система верхнего привода (СВП) становится всё более популярным способом бурения нефтяных и газовых скважин поскольку обеспечивает повышение эффективности и качества проведения буровых работ [3, 4, 5]. Верхний силовой привод представляет собой подвижной вращатель (вертлюг), оснащенный комплексом средств механизации. Подвижная часть СВП состоит из вертлюга-редуктора, который подвешен на траверсе талевого блока. Благодаря современным разработкам по силовым редукторным узлам системы верхнего привода [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13] процесс бурения проходит на качественном новом уровне.

По сравнению с традиционными способами бурения, применение СВП обладает следующими преимуществами:

- экономит время в процессе наращивания труб при бурении;
- уменьшает вероятность прихватов бурового инструмента;
- расширяет ствол скважины при спуске и подъеме инструмента;
- повышает точность проводки скважин при направленном бурении;
- повышает безопасность буровой бригады;
- снижает вероятность выброса флюида из скважины через бурильную колонну;
- облегчает спуск обсадных труб в зонах осложнений за счет вращения и промывки;
- повышает качество керна.

В связи с этим, верхние силовые приводы (ВСП) признаны оборудованием, обеспечивающим наиболее производительный и безопасный метод бурения нефтяных и газовых скважин. Они позволяют более, чем на 25%, сократить время бурения за счет увеличения производительности и эффективности работ. Увеличение глубины скважин, внедрение технологии наклонно-направленного и горизонтального бурения, разработка высокоскоростных буровых долот,

сделали преимущества ВСП при бурении еще более явными. Этой системой оборудуются как импортные, так и отечественные буровые установки.

Такой привод должен быть надежным и экономичным, безопасным и удобным в управлении, компактным и сравнительно небольшой удельной массы, транспортабельным и приспособленным для монтажа, эксплуатации и ремонта в полевых условиях. Мощность, диапазоны регулирования частоты вращения и вращающего момента выходного вала привода определяются нагрузками и режимом работы приводимых машин и механизмов. При работе на аварийных режимах должна обеспечиваться надёжность. Выбранный привод должен обеспечить сочетание высокой производительности буровой установки с минимальной стоимостью 1 м проходки. Силовой привод должен иметь гибкую (бесступенчатую) характеристику.

Конструктивное исполнение привода в наибольшей степени влияет на выполнение этих требований. Поэтому поиск и разработка конструкции, обеспечивающей эффективность привода – актуальный вопрос совершенствования бурового оборудования нефтегазового комплекса.

Оценка эффективности типичных конструктивных исполнений верхних силовых приводов

Наиболее известные зарубежные производители систем верхнего привода (Varco, Tesco, Canrig, National oilwell, Bentec и др.), а также отечественные производители («Электромеханика», «Уралмаш-Буровое оборудование», ВЗБТ) предлагают ВСП как в гидравлическом, так и в электрическом (постоянного и переменного тока) исполнении. При этом электрические версии ВСП могут питаться как от источника электроэнергии буровой площадки, так и от автономного дизель-генератора.

Для оценки эффективности ВСП, учитывая большой модельный ряд и широкий диапазон условий эксплуатации, целесообразно оперировать удельными техническими характеристиками систем и анализировать конструктивное исполнение приводов, находящихся в одном классе грузоподъемности.

В качестве примера, рассмотрим типичные выходные характеристики ВСП грузоподъемностью 227 метрических тонн в электрическом и гидравлическом исполнении (соответственно, TESCO 250 EMIS и TESCO 250 HMIS), общий вид которых приведен на рис.1., а в таблице 1 их основные технические параметры.

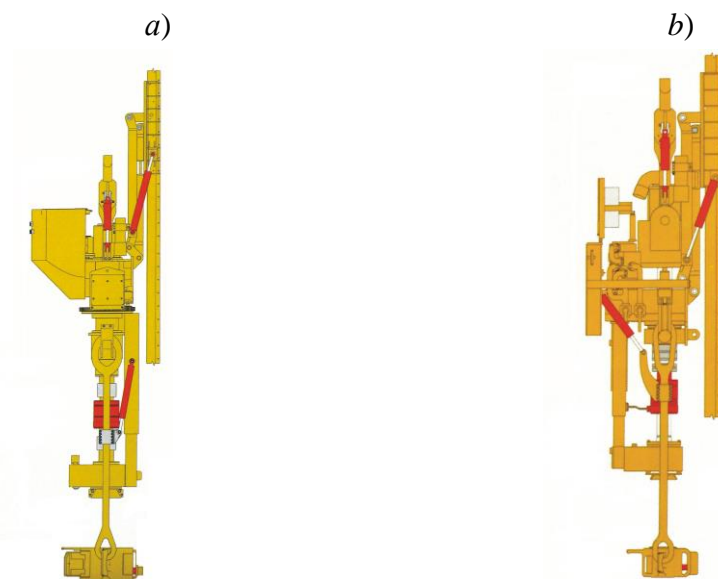


Рис. 1. Общий вид верхнего силового привода фирмы TESCO: а) в электрическом исполнении 250EMIS; б) в гидравлическом исполнении 250HMIS.

Таблица 1. Технические параметры ВСП

| Модель | 250 EMIS | 250 HMIS |
|--|------------------------|-----------------|
| Фирма | Tesco | Tesco |
| Грузоподъемность, т | 227 | 227 |
| Тип привода | Электрический, синхр., | гидрообъемный |
| Регулирование | бесступенчатое | бесступенчатое |
| Мощность выходная | | |
| в точке макс. оборотов, кВт | 230 | 185 |
| в точке макс. крутящего момента, кВт | 325 | 160 |
| Марка двигателя на подвесной части | KAMAN PA44 | |
| Масса двигателя, кг | 180 | |
| Мощность входная, кВт | 470 | 350 |
| Марка двигателя наземной станции | Detroit, ser.60 | Detroit, ser.60 |
| Передаточное число редуктора | 19,26:1 | 2.19:1 |
| Вращающий момент, Нм: | | |
| -ном.при максимальной скорости | | 10300 |
| -макс. продолжительный | 21700 | 28470 |
| -прерывистый (кратковременный) | 48816 | 28470 |
| Частота вращения, об/мин | 0...186 | 0...170 |
| Рабочая высота подвесной части, мм | 4470 | 4390 |
| Длина подвесной части, мм | 1690 | 1279 |
| ширина подвесной части, мм | 1370 | 838 |
| Масса подвесной части (без направляющей), кг | 5000 | 3628 |
| Масса наземной станции, кг | 7258 | 7370 |

Зависимости момента M и мощности N (внешние характеристики) от частоты вращения вертлюга приводов TESCO 250EMIS и 250HMIS представлены на рис. 2.

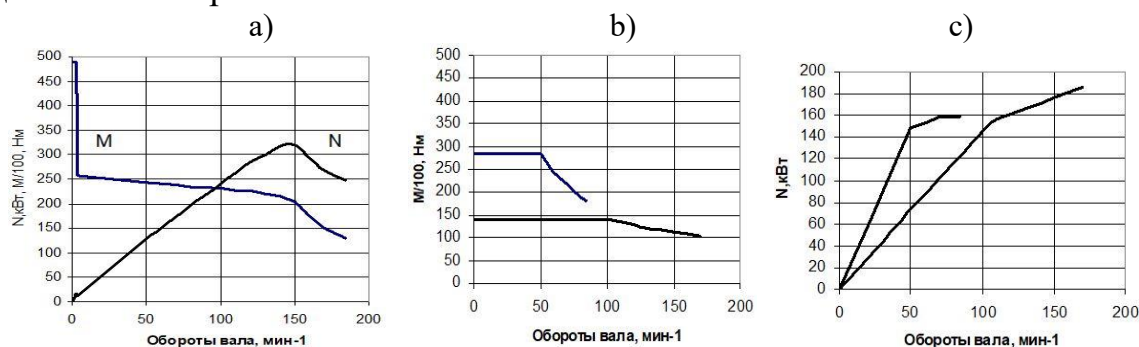


Рис. 2. Внешние характеристики ВСП фирмы TESCO: а) с электрическим приводом 250EMIS; б) и с) с гидрообъемным приводом 250HMIS с переменным рабочим объемом.

Основные преимущества ВСП с электрическим приводом:

- малая масса подвесной части и, следовательно, минимальный износ талевого каната. Удельная мощность привода $N_{уд}$ (отношение выходной мощности к массе подвесной части) составляет $330/5 = 66$ кВт/т;

- компактность подвесной части ВСП;

- бесступенчатое (частотное) регулирование скорости вращения вала вертлюга от 0 до 180 об/мин, реверсивность;

- автоматичность изменения момента от минимального до номинального значений при постоянной заданной скорости вращения выходного вала;

- свобода компоновки подвесной части.

Основные недостатки ВСП с электрическим приводом:

- несоответствие максимума мощности ВСП скоростным режимам работы отечественного бурового инструмента (пик мощности целесообразно совместить с рабочими скоростями порядка 60-100 об/мин), и, как следствие, низкий коэффициент использования мощности K_n (отношение мощности на выходном валу ВСП при $n=100$ об/мин к мощности наземного агрегата составляет $245/470 = 0.52$). Существенное недоиспользование мощности привода (50-72%) в диапазоне частот 60-100 об/мин;

- отсутствие возможности саморегулирования скорости вращения выходного вала в зависимости от нагрузки на рабочем инструменте, и, как следствие, снижение производительности привода;

- возможность генерации тока, разрушающего электронику ВСП, при возникновении эффекта «пружины» в случае прихвата колонны и ее обратном вращении;

- большие тепловые потери в электродвигателе, в особенности при максимальных моментах, требующие наличия собственной системы охлаждения, что усложняет и удорожает конструкцию ВСП;

- несоответствие электрических параметров ВСП параметрам отечественной электрической сети, что приводит к необходимости использования автономной системы электропривода (дополнительный модуль дизель–генератора массой 7.26 т, дополнительный модуль частотного управления электродвигателем массой 4 т);

- дополнительные затраты на дизельное топливо. При годовой нагрузке ВСП порядка 4000 моточасов расход топлива дизельной установки с указанным выше коэффициентом использования мощности составит более 100 т.

Рассмотрим технические параметры ВСП по схеме TESCO 250 NMIS с гидрообъемным приводом (см. табл. 1), внешняя характеристика которого представлена на рис.2,b,c.

При меньшей входной мощности расширение скоростного (силового) диапазона ВСП реализовано за счет применения гидромоторов с переменным рабочим объемом (привод оснащен системой двойных перепускных клапанов, позволяющих изменять рабочий объем гидромотора в два раза). Это позволяет получить две ступени на внешней характеристике и, в отличие от ВСП с электроприводом, в диапазоне оборотов выходного вала от 50 до 178 об/мин работать на режиме, близком к режиму постоянной мощности.

Другим достоинством данной конструктивной схемы ВСП является возможность сделать выбор в пользу применения одноступенчатого (безредукторного) механического привода. В гидравлическом приводе имеется возможность путем дросселирования жидкости гасить эффект «пружины» в случае прихвата колонны и ее обратном вращении;

Другие преимущества ВСП с гидравлическим приводом аналогичны преимуществам ВСП с электроприводом, с уточнением, что удельная мощность привода НУД несколько ниже и составляет $185/3.6 \dots 220/4.5 = 51 \dots 49$ кВт/т;

Основные недостатки гидрообъемных приводов ВСП аналогичны ВСП с электроприводом:

- дополнительные потери мощности, связанные с двойным преобразованием энергии;

- низкий коэффициент использования мощности привода. КИ составляет $160/350 \dots 185/350 = 0.46 \dots 0.5$;

- значительное недоиспользование мощности в рабочем диапазоне частот вращения менее 50 об/мин;

- отсутствие возможности саморегулирования скорости вращения выходного вала в зависимости от нагрузки на рабочем инструменте;

- необходимость в специальной наземной станции (дизель- или электро-насосный агрегат) массой порядка 7400 кг;

- необходимость дополнительных технических устройств для обеспечения работы гидропривода при низких температурах.

- высокие требования к качеству гидравлической жидкости;

- удорожание гидромоторов с возможностью деления объема до 30%.

Подводя итоги сравнения ВСП можно сделать вывод, что электрические и гидравлические приводы имеют несколько принципиальных недостатков:

- неполное использование мощности в зоне основных рабочих скоростей;

- отсутствие автоматичности изменения оборотов выходного вала в зависимости от нагрузки (снижение производительности);

- необходимость в дополнительной наземной станции (дизель-генератор, дизель-насос);

- необходимость резервирования приводной мощности на потери, связанные с двойным преобразованием энергии;

- высокая стоимость изделий, включая импортную составляющую.

Показать, что конструкции ВСП с чисто механическим бесступенчатым приводом может быть использована в качестве альтернативного варианта, в котором отсутствуют указанные недостатки - цель настоящей статьи.

Перспективы использования механической бесступенчатой передачи с регулируемой внутренней автоматичностью в качестве верхнего силового привода

Профессором Благодоровым А.А. разработан принципиально новый тип многопоточных механических бесступенчатых передач с регулируемой внутренней силовой функцией [14, 15, 16]. Принцип действия такой передачи состоит в следующем: вращение ведущего вала с помощью шарнирно-рычажного механизма преобразуется в близкие к гармоническим угловые колебания ведущих элементов, например, пяти механических выпрямителей – механизмов свободного хода. Их ведущие элементы совершают колебательное движение со сдвигом по фазе, а ведомые элементы соединены торсионными валами с шестернями суммирующего редуктора, центральное зубчатое колесо которого является ведомым валом передачи. В передаче используются экспериментально проверенные новые надежные механизмы свободного хода осевого исполнения с дополнительными рабочими поверхностями.

В работе [17] представлен вариант кинематической схемы такой передачи, реализованной в экспериментальном образце, а также приведены

основные свойства ее стендового варианта. Передача обеспечивает бесконечный кинематический и значительный силовой диапазон, в разы превышающий аналогичные для гидродинамических передач. Благодаря наличию силовой функции передача обладает важным свойством – внутренней автоматичностью – способностью при изменении внешней нагрузки самопроизвольно изменять передаточное отношение. Экспериментальная универсальная характеристика передачи – зависимость КПД η , а также коэффициента K_T трансформации момента от внутреннего передаточного отношения i_T [16.] приведены на рис.3. Стоит отметить, что одним из свойств передачи, в отличие от известных механических импульсных инерционных и гидромеханических передач, является возврат части энергии (определяется режимом работы передачи) на ведущий вал при сохранении значительного момента на ведомом валу и снижении загрузки приводного двигателя. Поэтому на стоповом режиме работы ($i_T = 0$), несмотря на то что $\eta = K_T \cdot i_T = 0$ коэффициент трансформации момента K_T существенно больше нуля и имеет конечное значение.

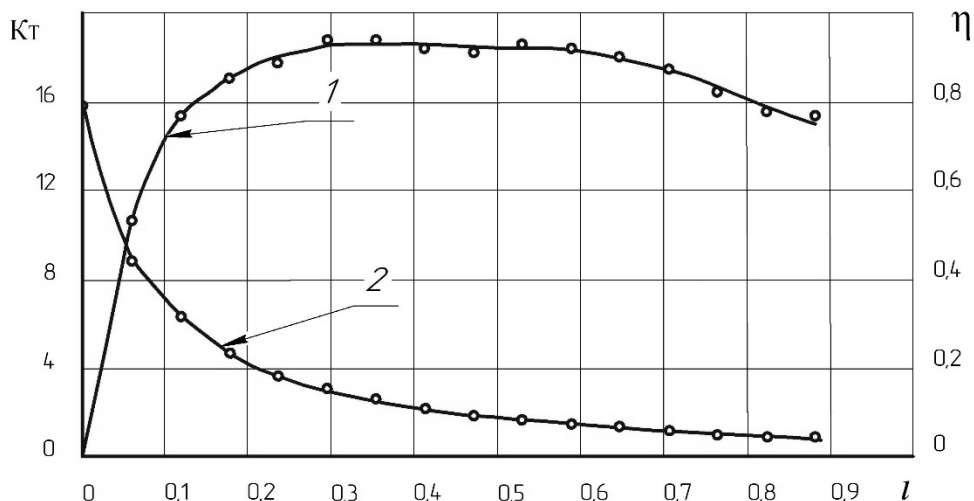


Рис. 3. Универсальная характеристика механической бесступенчатой передачи Благонравова. 1 – КПД передачи, 2 – коэффициент трансформации момента.

Кроме этого, силовая функции может регулироваться с помощью перемещения органа управления, положение которого определяет амплитуду колебаний внутренних звеньев. При этом возможно автоматическое регулирование такой передачи: здесь независимо могут изменяться частота вращения ведущего вала n_1 и амплитуда колебаний внутренних звеньев φ_0 . В работе [18] подробно рассмотрены особенности автоматического регулирования, в том числе электронного, такой передачи применительно к транспортному средству.

В работе [19] приведена реализованная кинематическая схема передачи с возможностью управления силовой функцией (амплитудой колебаний внутренних звеньев передачи), а также подробно изложен

принцип ее функционирования и управления в составе автотранспортного средства. Результаты испытаний на автотранспортном средстве подтвердили высокие энергетические и преобразующие свойства передачи.

Первоначально разработанная как передача для транспортных машин она, на наш взгляд, благодаря своим характеристикам и свойствам, может с успехом применяться в качестве альтернативного варианта верхнего силового привода.

В передаче отсутствуют указанные выше недостатки существующих конструкций. Схема привода ВСП показана на рис.4.

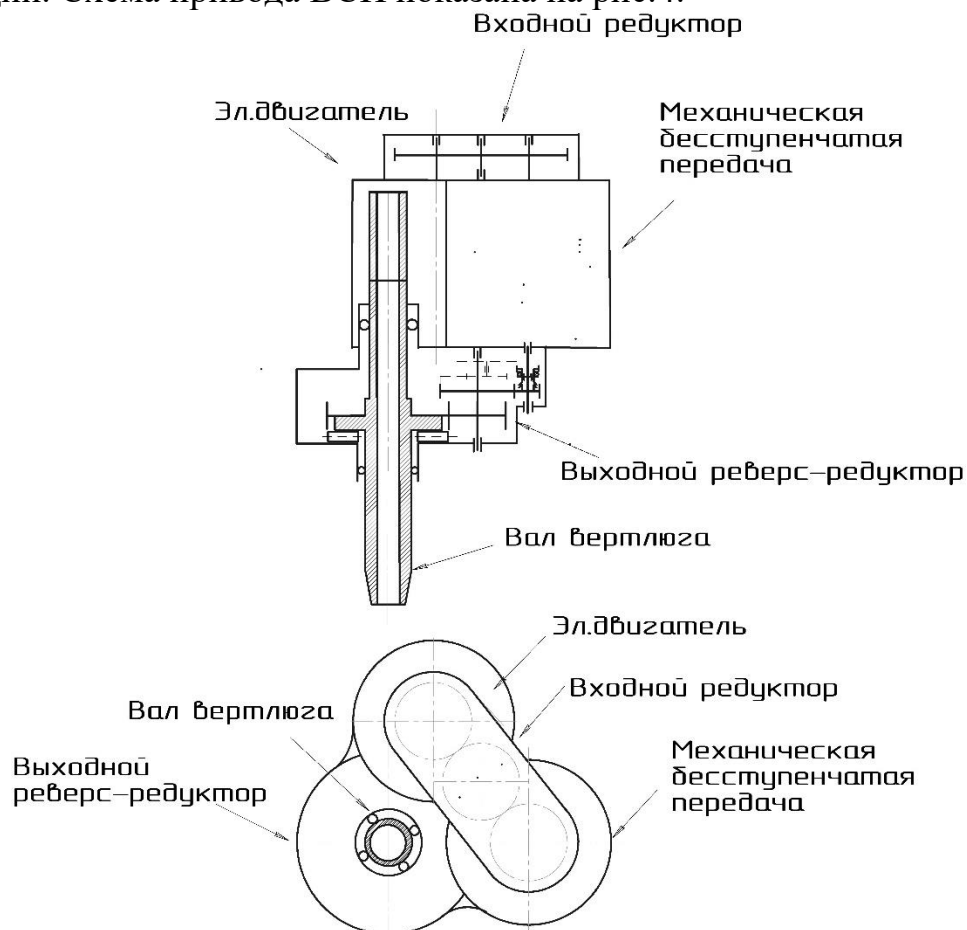


Рис. 4. Кинематическая схема привода с механической бесступенчатой передачей.

Разгон ведомого вала передачи из неподвижного состояния начинается путем увеличения оператором амплитуды колебаний коромысел выпрямителей. При этом ведущий вал, соединенный с валом приводного двигателя, вращается на номинальных оборотах. Пока момент сопротивления на ведомом валу превышает момент от закрученных торсионов этот вал остается неподвижным, задние концы торсионных валов, соединенные с ведомым валом передачи – также неподвижны, а передние – поворачиваются совместно с коромыслом в сторону рабочего хода включенного выпрямителя. В результате торсионы закручиваются.

Закрутка торсионных валов создает силовую функцию. Так происходит первую половину периода колебаний. Но во вторую половину направление движения коромысла изменяется на обратное. Если при этом выпрямитель остается включенным, то потенциальная энергия закрученного торсионного вала будет возвращаться на ведущий вал, т.е. на вал двигателя. При этом на ведомом валу передачи создается максимальный крутящий момент, пропорциональный сумме пяти средних за период моментов закрутки торсионных валов. При увеличении частоты вращения ведомого вала задний конец торсионного вала начинает вращаться. При этом направление вращения и направление действующего от закрученного торсиона момента совпадают. При этом потенциальная энергия торсионов расходуется, и передается на ведомый вал. Чем больше частота вращения, тем быстрее расходуется потенциальная энергия.

Силовая цепь ВСП представляет собой последовательно соединенные асинхронный трехфазный электродвигатель с короткозамкнутым ротором мощностью 350 кВт при 1498 об/мин в вертикальном исполнении, который через входной редуктор без изменения частоты (передаточное отношение равно 1) передает вращение на ведущий вал механической бесступенчатой передачи. Такое значение мощности электродвигателя выбрано для того, чтобы сопоставить внешние характеристики ВСП - TESCO 250EMIS с входной мощностью 470 кВт (см. табл.1.) и предлагаемый вариант привода с механической бесступенчатой передачей. Далее ведомый вал бесступенчатой передачи через выходной реверсивный редуктор с передаточным отношением 0,602 (передаточное число 1,661) соединяется с валом вертлюга. Это должно обеспечить увеличение момента на валу вертлюга превышающем 49000 Нм (на стоповом режиме) и момент 20000 Нм при частоте вращения вертлюга 150 об/мин. Такие параметры соответствуют внешней характеристике ВСП - TESCO 250EMIS (см. рис.2.а.).

Диапазон крутящего момента на ведомом валу бесступенчатой передачи при этом будет изменяться от 29498 Нм (стоповый режим – обороты равны 0) до 1068 Нм при оборотах этого вала 373 об/мин (обороты вертлюга - 225 об/мин).

На рис. 5.а. приведена расчетная внешняя характеристика передачи, выполненная по методике, приведенной в работе [20] с учетом КПД такой передачи (см. рис.3.). Такая характеристика может быть обеспечена при жёсткости упругого элемента порядка 65000 Нм/рад. Параметры торсиона, выполненного из стали 45ХН2МФА, составят - длина рабочей части 292 мм и диаметр 39 мм, что вполне приемлемо. Ориентировочные габаритные размеры передачи: диаметр центральной части 750...850 мм при общей длине 1100...1200 мм.

Требуемый закон управления передачей – изменение амплитуды колебаний в зависимости от оборотов вертлюга для внешней характеристики приведен на рис. 5. б. Оператор буровой установки органом управления устанавливает требуемую скорость бурения, а система, например такая как в работе [18], автоматически поддерживает требуемую амплитуду колебаний и частоту вращения вала электродвигателя в соответствии с заданными расчетными характеристиками.

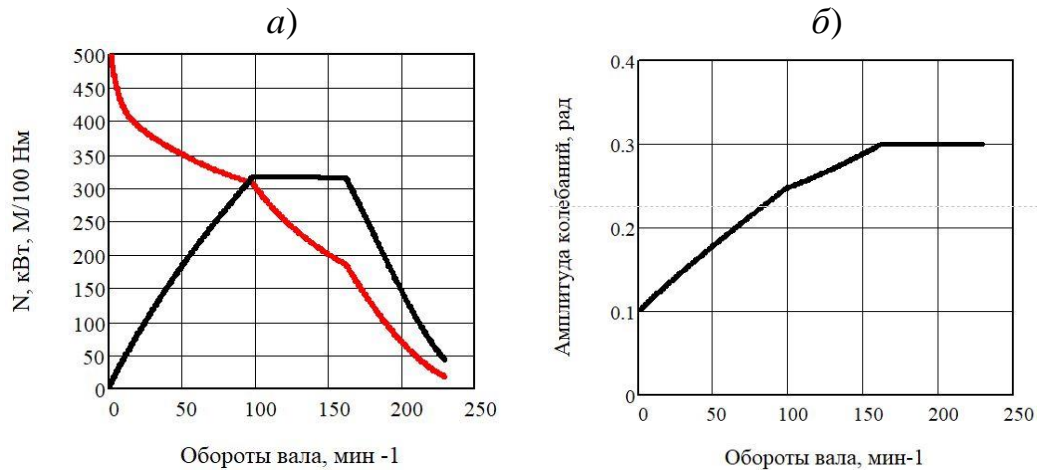


Рис. 5. Расчетная внешняя характеристика ВСП с механической бесступенчатой передачей. *а* – момент (красная линия) и мощность (черная линия) на вертлюге, *б* – закон управления передачей.

Сравнивая внешние характеристики TESCO 250 EMIS и предлагаемого привода, представленные на рис. 6. (Красная линия – момент, черная – мощность на вертлюге, пунктирная линия - TESCO 250 EMIS, сплошная – механическая бесступенчатая передача Благоднарова), можно отметить, что при меньшей мощности ВСП с механической бесступенчатой передачей ($N_m/N_{\text{Э}} = 350/470 = 0.74$) в рабочем диапазоне скоростей от 0 до 140 об/мин, последний имеет значительное превосходство по величине крутящего момента и, соответственно, выходной мощности.

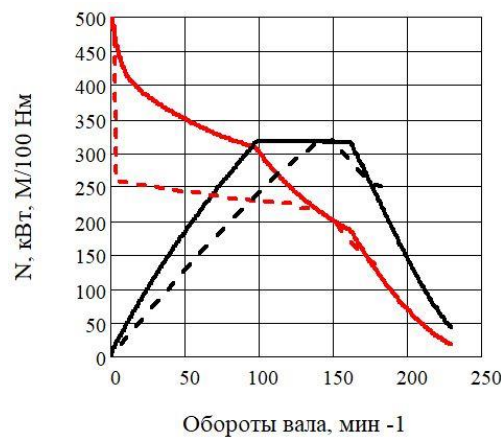


Рис. 6. Сравнительные внешние характеристики ВСП.

Отличительными особенностями ВСП с данной механической бесступенчатой передачей являются следующие:

1. Высокая эффективность привода:

- саморегулирование оборотов выходного вала в зависимости от нагрузки и, следовательно, повышение производительности буровых работ;
- соответствие максимума мощности приводного электродвигателя основному рабочему диапазону скоростей (95...160 об/мин), т.е. более полное использование мощности электродвигателя;
- высокий коэффициент полезного действия привода (отсутствие двойного преобразования энергии в приводе). Позволяет иметь максимально возможный коэффициент использования мощности приводного двигателя - $K_{\text{НУ}}$ составляет $325/350 = 0.92$;

2. Высокая экономичность – существенное снижение единовременных и эксплуатационных затрат:

- отсутствие необходимости в наземной станции (автономной дизель-генераторной или дизель-насосной установке);
- использование более дешевой электроэнергии вместо дизельного топлива.

3. Благоприятные условия эксплуатации ВСП:

- упругие свойства передачи (наличие торсионных элементов) обеспечивают динамическое гашение нагрузок, предохраняя от поломок детали редуктора, в том числе при эффекте «пружины» при разгрузке колонны буровых труб;

- самотормозящие свойства передачи обеспечивают автоматическую остановку вращения колонны в обратном направлении без дополнительных тормозных устройств. Таким образом, несмотря на необходимость входного и выходного редукторов, применение механической бесступенчатой передачи в ВСП позволяет существенно повысить эффективность привода при одновременном снижении стоимости изделия и эксплуатационных затрат.

Заключение

Применение в качестве редукторного узла в системе верхнего привода буровых установок механической бесступенчатой передачи с внутренними силовыми функциями может стать альтернативным решением, способствующим повышению эффективности бурения нефтяных и газовых скважин. Использование такой передачи обеспечивает более полное использование мощности электродвигателя. Есть все основания для проведения ОКР, направленной на применение такой механической передачи для конкретной буровой установки с системой верхнего привода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Буровые комплексы. Современные технологии и оборудование. Под ред. Гусмана А.М., Порожского К.П. Екатеринбург: Изд-во УГГГА. 2002. С.592.
- [2] Вадецкий Ю. В. Бурение нефтяных и газовых скважин. Москва: Издательский центр «Академия». 2011. С. 350.
- [3] Ямалиев В.У., Галиев К.Р. Анализ систем верхнего привода. В сб.: Современные технологии в нефтегазовом деле. 2019. С. 412-415.
- [4] Belousov E.V., Grigorev M.A., Khryukin D.Y. An electric drive for a drilling-rig top-drive system. 2022. Russian Electrical Engineering. 93(2). pp. 76-80.
- [5] Привалихин Р.С. и др. Перспективные направления развития конструкций систем верхнего привода. Бурение и нефть. 2015. 3. С. 54-58.
- [6] Бабаян Э.В., Черненко А.В. Инженерные расчеты при бурении. Вологда: ИнфраИнженерия. 2016. С. 440.
- [7] Миловзоров Г.В., Васильева О.В. Усовершенствование редуктора для системы верхнего привода буровой установки. В сб.: Актуальные проблемы науки и техники. Сарапул. 2020. С. 116-118.
- [8] Сызранцева К.В., Ильиных В.Н., Колбасин Д.С. Оценка вероятности отказа редуктора системы верхнего привода буровой установки с учетом режима его эксплуатации. Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2019. 3(135). С. 127-134.
- [9] Никитин С.В., Грачев А.А., Некрасова А.В. Исследование динамики процесса бурения скважин установкой с «СВП» при помощи упрощенной динамической модели. Современное машиностроение: Наука и образование. 2019. С. 755-770.
- [10] Ashcheulov A., Nikitin S., Khoroshanskay A. Statistical Research of Drilling Rig's Top Drive Stress Loading. 2015. International Journal of Applied Engineering Research. 10 (19). pp. 40021-40026.
- [11] Epifanov O.K., Grechushkin Y.V., Salova I.A. Electromagnetic Torque and Its Ripples in a Unipolar Brushless Torque Motor with Permanent Magnets 2021. Russian Electrical Engineering. 92(1). pp.24-31.
- [12] Sun Y., Shi Y., Wang Q., Yao Z. Study on speed characteristics of hydraulic top drive under fluctuating load. 2018. Journal of Petroleum Science and Engineering. 167.
- [13] Никольский Е. Ю., Корешев В. П., Худорожков С. И., Головкин А. А. Патент РФ № 2646288. 2018. Многоступенчатый редуктор верхнего силового привода буровой установки.

- [14] Благонравов А.А. Патент РФ №2211971. Механическая бесступенчатая передача. 2003.
- [15] Благонравов А.А. Патент РФ №2334143. Механическая бесступенчатая передача. 2008.
- [16] Благонравов А.А. Механические бесступенчатые передачи. – Екатеринбург: УрО РАН. 2005. С. 202.
- [17] Юркевич А.В., Терешин А.В., Солдаткин В.А. Экспериментальные характеристики механической бесступенчатой передачи с внутренними силовыми функциями. Наука и техника. 2021. 20(4). С. 310-319. DOI:10.21122/2227-1031-2021-20-4-310-319.
- [18] Yurkevich A.V., Tereshin V.A., Soldatkin A.V. Electronic Control System of Continuously Variable Type of Mechanical Transmission Named After Blagonravov. IEEE Xplore 2019. DOI: 10.1109/FarEastCon.2019.8934163
- [19] Hoodorozhkov S.I., Yurkevich A.V. Theoretical and experimental study of the vehicle's dynamics equipped with the mechanical stepless transmission. 2022. Lecture Notes in Networks and Systems. pp. 787-796. DOI:10.1007/978-3-031-11058-0_79.
- [20] Blagonravov A.A. External characteristic of a mechanical transformer with oscillation of the internal components. 2011. Russian Engineering Research. 31(10). pp. 928-932.

S.I. Hoodorozhkov ¹, A.V. Yurkevich ²

INCREASING THE EFFICIENCY OF DRILLING RIGS BY USING THE BLAGONRAVOV's IVT IN THE TOP DRIVE SYSTEM

¹Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Russia;

² Ekaterinburg. Federal State Budgetary Scientific Institution Institute of Engineering Science, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia

Abstract

The article deals with the issue of installing a mechanical infinitely variable transmission with an electric drive in the top drive system of drilling rigs. The disadvantages and advantages of the top drives existing design of drilling rigs in electric and hydraulic versions are considered. The results of the external characteristics calculation of the top drive are presented, showing that the use of Blagonravov's mechanical infinitely variable transmission as a reduction unit will provide a more complete use of the electric motor power. At the same time, the dimensions of the transmission will not exceed the dimensions of the existing top drives of the corresponding power.

Key words: drilling rig, efficiency, top drive, infinitely variable transmission, drive external characteristic

REFERENCES

- [1] Gusman A.M., Porozhsky K.P. Drilling complexes. Modern technologies and equipment. Yekaterinburg: UGGGA Publishing House. 2002. p.592.(rus.)
- [2] Vadetsky Y. V. Drilling of oil and gas wells. Moscow: Publishing Center "Academy". 2011. p. 350. (rus.)
- [3] Yamaliev V.U., Galiev K.R. Analysis of top drive systems. Modern technologies in oil and gas business. 2019. pp. 412-415. (rus.)
- [4] Belousov E.V., Grigorev M.A., Khryukin D.Y. An electric drive for a drilling-rig top-drive system. 2022. Russian Electrical Engineering. 93(2). pp. 76-80.
- [5] Privalikhin R.S. Perspektivnye napravleniya razvitiya razvitiya konstruktsiy sistem verkhogo privoda. Drilling and oil. 2015. 3. pp. 54-58. (rus.)
- [6] Babayan E.V., Chernenko A.V. Engineering calculations during drilling. Vologda: InfraEngineering. 2016, p. 440. (rus.)
- [7] Milovzorov G.V., Vasil'eva O.V. Improvement of the gearbox for the top drive system of the drilling rig. Actual problems of science and technology. Sarapul. 2020. pp. 116-118. (rus.)
- [8] Syzrantseva K.V., Ilinykh V.N., Kolbasin D.S. Evaluation of the probability of failure of the gearbox of the top drive system of the drilling rig, taking into account the mode of its operation. News of higher educational institutions. Oil and gas. 2019. 3(135). pp. 127-134. (rus.)
- [9] Nikitin S.V., Grachev A.A., Nekrasova A.V. Investigation of the dynamics of the process of drilling wells with a "SVP" rig using a simplified dynamic model. Modern engineering: Science and education. 2019. pp. 755-770. (rus.)
- [10] Ashcheulov A., Nikitin S., Khoroshanskay A. Statistical Research of Drilling Rig's Top Drive Stress Loading. 2015. International Journal of Applied Engineering Research. 10 (19). pp. 40021-40026.
- [11] Epifanov O.K., Grechushkin Y.V., Salova I.A. Electromagnetic Torque and Its Ripples in a Unipolar Brushless Torque Motor with Permanent Magnets 2021. Russian Electrical Engineering. 92(1). pp.24-31.
- [12] Sun Y., Shi Y., Wang Q., Yao Z. Study on speed characteristics of hydraulic top drive under fluctuating load. 2018. Journal of Petroleum Science and Engineering. 167.
- [13] Nikolsky E. Yu., Koreshev V. P., Hoodorozhkov S. I., Golovkin A. A. Patent RU No. 2646288. 2018. Multi-stage gearbox of the upper power drive of a drilling rig. (rus.)

- [14] Blagonravov A.A. Patent RU No. 2211971. Mechanical stepless transmission. 2003. (rus.)
- [15] Blagonravov A.A. Patent RU No. 2334143. Mechanical stepless transmission. 2008. (rus.)
- [16] Blagonravov A.A. Mechanical stepless transmissions. - Yekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. 2005. p. 202. (rus.)
- [17] Yurkevich A.V., Tereshin A.V., Soldatkin V.A. Experimental characteristics of a mechanical continuously variable transmission with internal power functions. Science and technology. 2021.20(4). pp. 310-319. DOI:10.21122/2227-1031-2021-20-4-310-319. (rus.)
- [18] Yurkevich A.V., Tereshin V.A., Soldatkin A.V. Electronic Control System of Continuously Variable Type of Mechanical Transmission Named After Blagonravov. IEEE Xplore 2019. DOI: 10.1109/FarEastCon.2019.8934163.
- [19] Hoodorozhkov S.I., Yurkevich A.V. Theoretical and experimental study of the vehicle's dynamics equipped with the mechanical stepless transmission. 2022. Lecture Notes in Networks and Systems. pp. 787-796. DOI:10.1007/978-3-031-11058-0_79.
- [20] Blagonravov A.A. External characteristic of a mechanical transformer with oscillation of the internal components. 2011. Russian Engineering Research. 31(10). pp. 928-932.