DOI: 10.17117/na.2016.07.01.468

<http://ucom.ru/doc/na.2016.07.01.468.pdf>

Поступила (Received): 01.07.2016

**Шошиашвили М.Э., Шошиашвили И.С.,
Лазариди К.М., Карташова Т.П.
Мобильный робототехнический комплекс
на базе роторного траншеекопателя**

**Shoshiashvili M.E., Shoshiashvili I.S., Lazaridi K.M., Kartashova T.P.
Mobile robot based on the rotary plow**

В настоящей статье рассматривается проблема отрывки траншей с помощью гусеничных роторных траншеекопателей с гидравлическими трансмиссией и приводом ротора. Представлены принципы построения робототехнического комплекса, на базе роторного траншеекопателя, позволяющие выполнять комплекс работ по отрывке траншей заданной глубины в автоматическом режиме

Ключевые слова: роторный траншеекопатель, траншея, ротор

In this article considers the problem of fragments of trenches using crawler trenchers rotary hydraulic transmission and rotor drive. The article suggests principles of the robotic system, on the basis of a rotary plow, allowing to carry out a complex of works on the passage of a given trench depth in the automatic mode

Key words: bucket trencher, trench, rotor

Шошиашвили Михаил Элгуджевич

Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой Южно-Российский государственный политехнический университет им. М.И. Платова г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132

Shoshiashvili Mikhail Elgudghevich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department South-Russian state polytechnic university named M.I. Platov Novocherkassk, Prosveschenia st., 132

Шошиашвили Ирина Сергеевна

Кандидат педагогических наук, доцент Южно-Российский государственный политехнический университет им. М.И. Платова г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132

Shoshiashvili Irina Sergeevna

Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor South-Russian state polytechnic university named M.I. Platov Novocherkassk, Prosveschenia st., 132

Лазариди Константин Микисович

Студент Южно-Российский государственный политехнический университет им. М.И. Платова г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132

Lazaridi Konstantin Mikisovich

Student South-Russian state polytechnic university named M.I. Platov Novocherkassk, Prosveschenia st., 132

Карташова Татьяна Павловна

Студент Южно-Российский государственный политехнический университет им. М.И. Платова г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132

Kartashova Tatyana Pavlovna

Student South-Russian state polytechnic university named M.I. Platov Novocherkassk, Prosveschenia st., 132

Технология разработки траншей связана с применением землеройно-транспортных машин, одним из видов которых являются многоковшовые экскаваторы или роторные траншеекопатели, представляющие собой гусеничную машину с рабочим органом в виде многоковшового ротора. В настоящей статье рассматривается проблема отрывки траншей с помощью гусеничных роторных траншеекопателей с гидравлическими трансмиссией и приводом ротора.

В общем случае при производстве таких работ ставятся задачи обеспечения заданной производительности землеройных работ и повышения качества отрывки траншей [1]. Под качеством отрывки траншей понимается создание относительно ровной поверхности дна траншеи с учетом неровностей и уклоном местности, по которой передвигается траншеекопатель. Производительность выполнения землеройных работ может определяться степенью загрузки двигателя машины и регулироваться как скоростью передвижения самой машины, так и степенью заглубления ротора при приоритете поддержания заданной глубины траншеи. Сложность выполнения таких требований заключается в совместной работе трех приводов машины: привода гусеничного хода и приводов заглубления ротора и его вращения.

Решить проблему выполнения технологических требований к качеству отрывки траншей и одновременным решением задачи повышения производительности землеройных работ можно на основе принципов робототехники и мехатроники путем создания робототехнического комплекса (РТК) на базе роторного траншеекопателя [2].

Роботизация роторного траншеекопателя помимо указанных задач позволит:

- расширить функциональные возможности машин такого класса за счет применения программного и дистанционного управления для работы в недоступных, опасных или вредных для человека условиях;
- упростить труд машинистов за счет автоматического управления при выполнении отдельных технологических операций;
- обеспечить экономию топлива за счет оптимального регулирования гидропривода в зависимости от рабочей нагрузки, позволяющего максимально использовать механическую работу двигателя;
- повысить надежность машин за счет самодиагностирования всех систем и механизмов.

Рассмотрим общие принципы построения такого РТК. В общем случае будем считать привод вращения ротора нерегулируемым. Привод перемещения машины снабжен гидравлической трансмиссией, выполненной по схеме «регулируемый насос-гидромотор».

Информационным параметром, по которому можно судить о производительности роботизированного траншеекопателя (РТрК), является степень загрузки двигателя машины по мощности, которая, исходя из поставленных задач, может меняться как за счет изменения скорости движения РТрК, так и за счет заглубления ротора.

Таким образом, система управления роботизированным траншеекопателем должна содержать, как минимум, два контура управления: контур регулирования скорости движения машины и контур регулирования заданной глубины траншеи (рис. 1).

Регулируемыми параметрами системы управления являются мощность двигателя N_{Σ} и глубина отрывки траншеи h .

Мощность N_{Σ} формируется за счет действия возмущающих факторов, таких как сила сопротивления при горизонтальном перемещении машины $F_{\text{сопр}}^{\text{гор}}$ и сила сопротивления при вертикальном перемещении (заглублении) рабочего органа машины (РО) – многоковшового ротора $F_{\text{сопр}}^{\text{верт}}$, и регулируется путем изменения скорости перемещения гусеничной машины v_M .

Рис. 1. Функциональная схема системы управления роботизированным траншеекопателем

Регулирование глубины траншеи h происходит путем изменения положения РО, имеющего гидравлический привод рычажного механизма. Оценка величины h проводится косвенным путем по положению штока управляющего гидроцилиндра $L_{\text{РО}}$. Возмущающим параметром при регулировании глубины траншеи h является рельеф местности, характеризующийся углом продольного уклона δ .

Регулирование мощности ДВС траншеекопателя осуществляется следующим образом. На входе подсистемы регулирования мощности формируется сигнал допустимой реализуемой мощности $U_N^{\text{зад}*} = U_N^{\text{зад}}(1 - U_{\omega}^{\text{бук}})$, где $U_{\omega}^{\text{бук}} \sim (\omega_M^* - \omega_M) / \omega_M^*$ – сигнал, приходящий с датчика буксования, ω_M^* – скорость ведущего колеса гусеничного движителя (теоретическая скорость), ω_M – скорость ведомого колеса гусеничного движителя (фактическая скорость); $U_N^{\text{зад}}$ – желаемая нагрузка РТрК по мощности, формируемая блоком управляющих воздействий (БУВ). Далее сигнал $U_N^{\text{зад}*}$ сравнивается с сигналом U_N , приходящим с датчика мощности

двигателя РТрК. На основе сигнала рассогласования $\Delta U_N = U_N^{\text{зад}*} - U_N$ регулятор мощности формирует регулирующее воздействие $U_\alpha^{\text{зад}}$ для контура регулирования скорости движения машины. Последний включает регулятор положения блока цилиндров (БЦ) гидравлической трансмиссии и электромеханический привод положения БЦ, охваченные отрицательной обратной связью через датчик положения БЦ. Скорость вращения ведущего колеса гусеничного движителя $\omega_m^* \sim Q_{\text{ГМ}} \sim \alpha_{\text{БЦ}}$, где $\alpha_{\text{БЦ}}$ – положение БЦ гидронасоса гидропривода хода, определяющий расход рабочей жидкости гидропривода хода $Q_{\text{ГМ}}$ и скорость ведущего колеса гусеничного движителя ω_m^* .

Процесс регулирования положения рабочего органа осуществляется следующим образом. На вход подсистемы регулирования из БУВ подается сигнал $U_h^{\text{зад}}$, соответствующий требуемой величине заглубления РО. Так как величина заглубления РО h в данной системе определяется по величине перемещения штока гидроцилиндра привода РО $L_{\text{РО}}$, то расчетный блок 1 на основе кинематики привода рабочего органа конкретной модели роторного траншекопателя формирует сигнал, соответствующий перемещению штока гидроцилиндра привода РО $U_L^{\text{зад}} = f(U_h^{\text{зад}})$. В качестве датчика обратной связи в системе используется датчик положения штока гидроцилиндра РО.

В контуре регулирования положения РО использованы две коррекции, связанные с изменением рельефа местности, а именно продольным уклоном местности δ .

Первая коррекция объясняется следующим. При наезде на препятствие или изменении продольного угла наклона местности, характеризующихся углом δ , происходит поворот машины вокруг точки А (рис. 2) и, как следствие этого, дополнительное заглубление РО на величину $h_{\delta 1}$. Для учета этого на основе информации U_δ о продольном угле δ , получаемой с датчика продольного угла, в расчетном блоке 2 формируется сигнал коррекции положения штока гидроцилиндра привода РО $U_{L_{\delta 1}} = f(h_{\delta 1})$.

Рис. 2. Схема формирования заглубления РО за счет поворота машины на угол δ

Вторая коррекция основана на следующих положениях. При движении РТрК по местности с продольным углом δ (рис. 3,а) происходит изменение

глубины траншеи на величину $h_{\delta 2}$, которое формируется, исходя из векторной диаграммы скоростей (рис. 3,б), как

$$h_{\delta 2} = \int v_{\text{верт}} dt,$$

где $v_{\text{верт}} = v_m \sin \delta \approx v_m \cdot \delta$ – вертикальная составляющая скорости РТрК, в том числе

РО; v_m – скорость РТрК с учетом продольного угла δ , причем для малых углов δ можно принять $\sin \delta \approx \delta$.

Рис. 3. Схема коррекции глубины траншеи при движении РТрК с учетом продольного уклона местности

Полученная величина изменения положения дна траншеи $h_{\delta 2}$ подлежит коррекции за счет изменения положения штока гидроцилиндра привода РО РТрК на величину теоретического смещения $U_{L_{\delta 2}}^{\text{теор}} = f(h_{\delta 2})$, а суммарная величина перемещения штока гидроцилиндра привода РО (без учета первой коррекции) примет значение $U_L^{\text{кор}} = U_L^{\text{зад}} + U_{L_{\delta 2}}^{\text{теор}}$.

Однако при длительном движении РТрК с продольным углом δ исполнительный привод РО может нивелировать изменение горизонтальности дна траншеи только до тех пор, пока шток исполнительного гидроцилиндра привода РО не примет значения $L = L_{\text{хода}}$ или $L = 0$, где $L_{\text{хода}}$ – максимальная величина выдвижения штока гидроцилиндра. При этом необходимо предусмотреть запас хода на маневры, связанные с первой описанной коррекцией. Поэтому реальное перемещение штока гидроцилиндра РО, связанное с обеспечением заданной глубины траншеи и коррекцией на движение с продольным углом δ , необходимо ограничить в пределах от $k_1 L_{\text{хода}}$ до $k_2 L_{\text{хода}}$, где $k_1 = 0,9 \div 0,95$ – коэффициент, ограничивающий максимальное выдвижение штока гидроцилиндра, и $k_2 = 0,05 \div 0,1$ – коэффициент, ограничивающий минимальное выдвижение штока гидроцилиндра.

С учетом выше изложенного алгоритм работы расчетного блока 3 будет выглядеть следующим образом.

Если $U_L^{\text{кор}} \geq k_1 U_{L_{\text{хода}}}$, то $U_{L_{\delta 2}} = U_{L_2}^*$, иначе $U_{L_{\delta 2}} = U_{L_{\delta 2}}^{\text{теор}}$;

если $U_L^{\text{кор}} \leq k_2 U_{L_{\text{хода}}}$, то $U_{L_{\delta 2}} = U_{L_2}^{**}$, иначе $U_{L_{\delta 2}} = U_{L_{\delta 2}}^{\text{теор}}$,

где $U_{L_2}^* = k_1 U_{L_{\text{хода}}} - U_L^{\text{зад}}$ и $U_{L_2}^{**} = U_L^{\text{зад}} - k_2 U_{L_{\text{хода}}}$.

<http://ucom.ru/na> · ISSN 2411-7609 · Science Almanac ·

<http://ucom.ru/na> · ISSN 2411-7609 · Science Almanac ·

1. Тихонов А.Ф., Демидов С.Л., Дроздов А.Н. Автоматизация строительных и дорожных машин: учебное пособие / ФГБОУ ВПО «Моск. гос. строит. ун-т». Москва: МГСУ, 2013. 256 с.
2. Булгаков А.Г., Бертрам Т., Горчаков В.В., Касаткин А.В. Разработка мобильного робота для технологических процессов в строительстве // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2011. № 6. С. 20-25.
3. Юшков В.С., Поезжаева Е.В., Рыбинская Л.А., Кочуров И.А. Роботизация строительно-дорожных машин// Молодой ученый. 2010. №4. С. 89-93.
- Бухгольц В.П., Снагин В.Т. Автоматическое управление роторными экскаваторами. М.: Недра, 1986.143с.
4. Раздыков К.А., Арынов А.К. Устройство для автоматического управления роторным экскаватором. Авторское свидетельство №740904. Бюллетень изобретений, 1980. № 22.
5. Шошиашвили М.Э., Булгаков А.Г. Автоматизация строительства нефте- и газопроводов// Серия «Технология, механизация и автоматизация строительства»: Обзор. информ./ ВНИИНТПИ. М., 1999. Вып. 2. 52 с.
6. Загороднюк В.Т., Шошиашвили М.Э. Робототехническая система для строительства магистральных трубопроводов // Мехатроника. 2001. №5. С. 12-17.