

С. П. Осипов, канд. техн. наук, доц.; П. В. Анпилогов
ГОУ ВПО «ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Томск, Россия

КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ ПРОЧНЫХ СРЕД ТРАНШЕЕКОПАТЕЛЯМИ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ С КОМБИНИРОВАННЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ

На базе комбинированного рабочего органа с двухсторонним подрезанием целика разработан исследовательский лабораторный комплекс для оценки параметров динамических процессов разработки прочных сред. Изложена методика проводимых исследований. Проведен анализ результатов предварительных экспериментальных работ. Сформулирована цель дальнейших исследований и перечислены задачи для её реализации.

В настоящее время для разработки прочных и мёрзлых грунтовых сред, прокладки нефте-газопроводов, ремонта асфальтобетонных покрытий и т.д. широко применяются бесковшовые траншеекопатели непрерывного действия. Траншеекопатели характеризуются глубиной и шириной траншеи, производительностью, выносной способностью разрушенной среды, надёжностью, энергопотреблением и т.д.

С целью повышения эффективности разработки прочных сред, повышения производительности, увеличения глубины разрабатываемой траншеи, устойчивости рабочего органа, уменьшения энергоёмкости разработки прочных сред были разработаны траншеекопатели [1, 2]. На основе указанных технических решений был создан лабораторный исследовательский комплекс, предназначенный для оценки параметров динамических процессов разработки прочных сред траншеекопателями непрерывного действия, определения производительности, действующих нагрузок на рабочий орган, возникающих при прорезании траншей разной ширины в средах различной прочности при разных углах установки исполнительных органов и различных скоростях резания для выбора рациональных параметров с целью облегчения разработки целика.

Исследовательский лабораторный комплекс состоит из горизонтально-фрезерного станка 1 (рис. 1), на стол 12 которого установлен тензометрический силомер для измерения горизонтальных сил при помощи тензометрической станции ZET 017-T8. Силомер состоит из двух плит, соединённых между собой балкой равного сопротивления 15, на которой наклеены тензорезисторы, собранные по мостовой схеме. Верхняя плита установлена на шариковых направляющих и может смещаться относительно

нижней (основания) по горизонтали. Для возврата верхней плиты в нулевое положение на оси, закреплённой на нижней плите, дополнительно установлены две пружины 13, между которыми расположен кронштейн, жёстко прикреплённый к верхней плите.

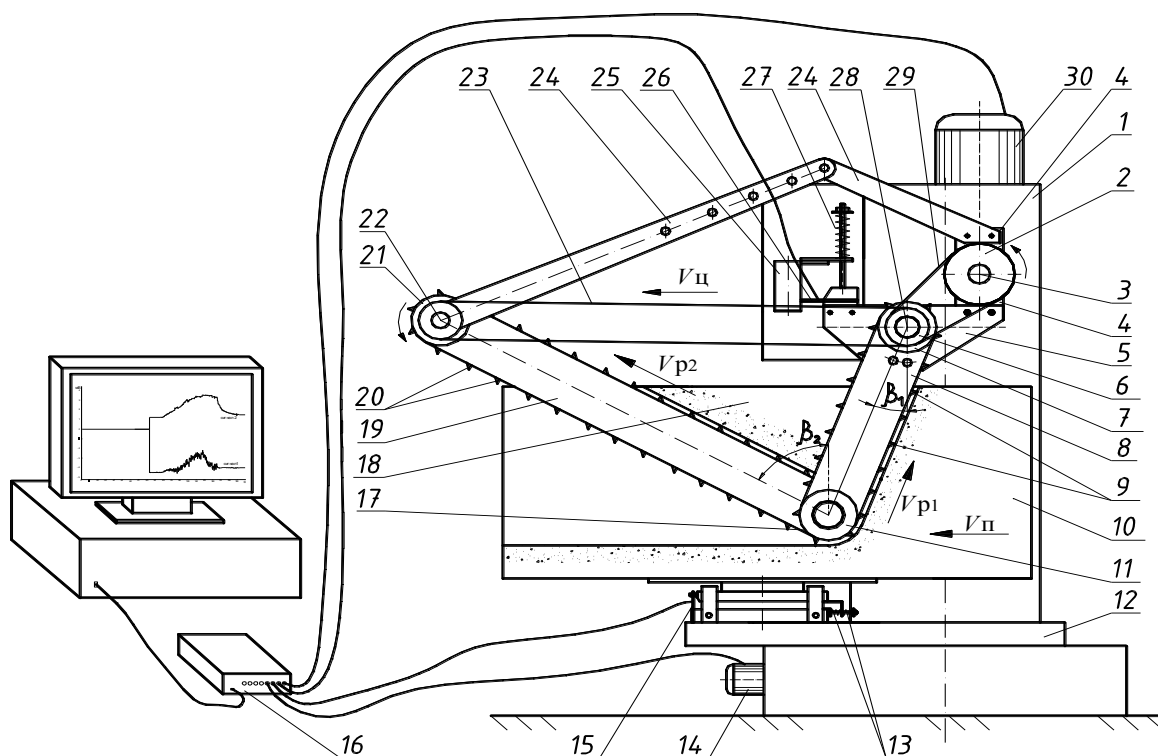


Рис. 1. Общий вид исследовательского лабораторного комплекса: β_1 , V_{p1} – угол наклона и скорость резания боковых исполнительных органов; β_2 , V_{p2} – угол наклона и скорость резания центрального исполнительного органа; $V_{\text{ц}}$ – скорость передвижения цепи привода центрального исполнительного органа; $V_{\text{п}}$ – скорость подачи стола

Рабочее оборудование траншеекопателя монтируется на шпинделе 3 станка и дополнительном кронштейне 4.

Для исследований предлагается траншеекопатель с комбинированным рабочим органом, модель которого включает в себя следующие основные элементы: раму рабочего органа 5, раму центрального рабочего органа 19, рамы боковых рабочих органов 8, тяги 24, пять комплектов валов, набор шестерен, шпонки, подшипники, цепи, кронштейны резцедержателей, пять комплектов резцедержателей, резцы и так далее.

Рама рабочего органа 5, состоящая из двух пластин прикреплена к кронштейну 4, установленному шарнирно на выходном валу 3 станка 1 на подшипниках качения.

На раме 5 шарнирно закреплен рабочий орган, состоящий из двух параллельных цепных многорезцовых исполнительных органов 8 и центрального исполнительного органа 19.

Центральный исполнительный орган 19 выполнен в виде пластинчатого режуще-транспортирующего устройства с огибающей его бесконечной цепью, нижняя ведомая звездочка 17 которого при рабочем ходе машины находится впереди его верхней ведущей звездочки 21. На цепи шарнирно установлены кронштейны, с прикрепленными посредством болтового соединения резцедержателями, на которых в соответствии со схемой расстановки установлены резцы 20.

По обе стороны от центрального исполнительного органа 19 расположены два боковых цепных многорезцовых исполнительных органа 8 в виде бесконечных цепей, установленных на направляющих рамах, ведомые звездочки 11 которых вместе с ведомой звездочкой 17 центрального исполнительного органа 19 установлены на одном валу на подшипниках качения. На цепях шарнирно закреплены резцедержатели, на которых в соответствии со схемой расстановки установлены резцы 9.

Верхней опорой центрального исполнительного органа является система тяг 24, жестко соединенная с одной стороны с кронштейном 4, установленным на выходном валу 3 станка, а с другой стороны соединенная шарнирно с верхним валом 22 центрального рабочего органа 19.

С такой схемой крепления имеется возможность дискретно изменять углы наклона β_1 боковых исполнительных органов 8, а так же угол β_2 центрального исполнительного органа 19.

Так как весь рабочий орган установлен шарнирно и может вращаться относительно оси выходного вала 3 станка, то необходима вторая опора, которая реализована в виде консольной балки 26, установленной на раме 5 рабочего органа и находящейся своей консолью в неподвижном кронштейне 25, закрепленном на станине фрезерного станка 1. Так как на балку 26 приходится значительный вес всего рабочего органа, то для её разгрузки и уменьшения толщины, на направляющей, прикрепленной к рабочему органу установлена пружина 27, опирающаяся на неподвижный кронштейн 25. Рабочий орган имеет возможность качаться относительно нулевого положения в необходимых пределах. Это приводит к деформации балки равного сопротивления 26, на которой наклеены тензорезисторы, соединенные по мостовой схеме. С помощью указанных тензодатчиков регистрируется вертикальная составляющая сил резания с помощью тензостанции ZET 017-T8.

Дополнительно два канала тензостанции соединены с датчиками мощности и крутящего момента, установленными на электродвигателях шпинделя 30 и передвижения стола 14, для косвенной оценки усилий, действующих на рабочий орган при работе по текущим значениям показате-

лей электродвигателей. Окружные (тангенциальные) силы определяются через крутящий момент на приводной звездочке 2.

Привод исполнительных органов осуществляется следующим образом. На выходном валу 3 станка установлена ведущая звездочка 2, от которой через цепь 29 крутящий момент передается на вал 28, установленный на раме рабочего органа 5. На валу 28 установлены две шестерни 7 привода цепных многорезцовых исполнительных органов 8, а так же шестерня 21, от которой через цепь 23 крутящий момент передается на ведущий вал 22 привода центрального исполнительного органа, а далее через шестерню, установленную на этом же валу, крутящий момент передается на цепь центрального исполнительного органа 19.

Станок 1 имеет несколько стандартных скоростей вращения выходного вала 3 и несколько скоростей передвижения (подачи) стола 12. С помощью набора шестерен, устанавливаемых на верхние приводные валы рабочего органа имеется возможность достичь необходимых для исследований скоростей вращения (резания) как боковых исполнительных органов 8, так и центрального исполнительного органа 19.

Кроме того, пять комплектов валов, резцедержателей и резцов, позволяют собрать модели траншеекопателя для нарезания траншей разной ширины от $B_2=1,5 \cdot B_1$ с шириной траншеи 170 мм (B_1 – ширина боковых исполнительных органов; B_2 – ширина центрального исполнительного органа), до $B_2=3,5 \cdot B_1$ с шириной траншеи 302 мм и производить исследования при нарезании траншей разной ширины при различных углах наклона исполнительных органов.

Исследования проводятся по специально разработанной методике.

На первом этапе собирается модель траншеекопателя необходимой ширины. На втором этапе устанавливаются необходимые углы наклона исполнительных органов (углы β_1 и β_2). Далее на стол 12 станка устанавливается форма с образцом разрабатываемой среды 10 определенных размеров. Затем, установленные на балках равного сопротивления 26 и 15 тензодатчики подключаются к тензометрической станции ZET 017-T8 и к компьютеру. После этого устанавливаются необходимые скорости резания и подачи стола 12. По окончании подготовительных процедур электродвигатели пускаются, и образец разрабатываемой среды 10 начинает передвигаться к рабочему органу со скоростью V_{Π} (рис. 1).

При разработке траншеи, два цепных многорезцовых исполнительных органа 8 прорезают узкие щели, а центральный исполнительный орган 19 снизу подрезает образовавшуюся призму разрушаемой среды 18, транспортируя при этом разрушенный им материал вверх (на реальной машине разрушенный материал должен попадать на транспортер и далее выноситься на обочину, либо в транспортное средство).

Измерительные датчики в процессе резания передают данные через аппаратуру на компьютер для последующей обработки.

В ходе предварительных экспериментальных работ оценены значения сил, действующих на тензобалки и, с учётом этого, подобраны уравнивающие пружины. Произведена калибровка тензобалок и данные по каждой балке внесены в калибровочные таблицы программы ZETlab. При проведении эксперимента многоканальный осциллограф в реальном времени отображает графики нагружения на тензобалки и двигатели, которые можно записать в память компьютера с целью последующего анализа.

В результате анализа результатов предварительных экспериментальных исследований можно сделать три основных вывода.

1. Предложен комбинированный рабочий орган, позволяющий обеспечить устойчивость при работе, так как поддержка центрального исполнительного органа обеспечивает жёсткость конструкции, позволяющей разрабатывать траншеи большой глубины.

2. Исследуемый рабочий орган позволяет эффективно удалять разрушенный материал из траншеи.

3. Анализ экспериментальных исследований позволяет выбрать наиболее эффективную настройку рабочего органа траншеекопателя, предполагающую наименьшие необходимые тяговые усилия, меньшие скорости резания по сравнению с другими траншеекопателями, что позволяет создать наиболее эффективные условия отделения целика от разрабатываемого массива, что в итоге обеспечивает наименьшую энергоёмкость разработки среды и большую производительность траншеекопателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2398074 Российская Федерация, МПК (2006.01) E02F 3/06, E02F 5/04. Траншеекопатель / Ф. Ф. Кириллов, П. В. Анпилогов, А. Д. Кухаренко; заявители и патентообладатели: ГОУ ВПО «ТГАСУ», ООО «Тепромес». – опубл. 27.08.2010, Бюл. №24.

2. Пат. 80467 Российская Федерация, МПК (2006) E 02 F5/06. Траншеекопатель / Ф. Ф. Кириллов, П. В. Анпилогов, А. Д. Кухаренко; заявители и патентообладатели: ГОУ ВПО «ТГАСУ», ООО «Тепромес». – опубл. 10.02.2009, Бюл. №4.