

2. Кудрявцев В. Н., Кирдяшев Ю. Н., Гинзбург Е. Г. Указ. соч.

3. Плеханов Ф. И., Кузнецов В. С. Исследование деформативности элементов зубчатой планетарной передачи // Вестник машиностроения. – 2010. – № 6. – С. 25–28.

4. Плеханов Ф. И., Овсянников И. А., Казаков А. В. Экспериментальное исследование деформативности элементов планетарной передачи // Сб. трудов науч.-техн. конф. ГИЭИ. – Глазов, 2010. – С. 76–78.

5. Айрапетов Э. Л., Генкин М. Д. Деформативность планетарных механизмов. – М.: Наука, 1973. – 212 с.

Получено 11.05.2016

УДК 629.11.01

**А. А. Липин**, аспирант, Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева  
**В. А. Шапкин**, доктор технических наук, профессор, Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева  
**У. Ш. Вахидов**, доктор технических наук, профессор, Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева  
**А. В. Вишняков**, аспирант, Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева  
**А. Д. Стрижак**, аспирант, Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева

## РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ «ШНЕК – ГРУНТ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА ANSYS

### Введение

Территория России богата большим количеством природных зон, освоение которых для обычной техники является невозможным. Для передвижения по сложным условиям бездорожья существуют и разрабатываются множество машин и механизмов. Одним из наиболее универсальных и проходимых транспортных средств, возможности которого не ограничиваются только природными условиями, является роторно-винтовой движитель (РВД).

Конструкция роторно-винтового движителя представляет собой базовый цилиндр с навитыми на него одной или несколькими винтовыми лопастями. РВД обеспечивает необходимую проходимость транспортно-технологическим машинам по опорным поверхностям с несущей способностью ниже чем 0,02 МПа и по воде без дополнительных гидравлических движителей. Роторно-винтовые машины (РВМ) благодаря движителю обладают амфибийностью, что позволяет передвигаться и безопасно проводить работу на любых слабых грунтах, воде, снегу, льду с самостоятельным выходом из полыньи на лед [1]. За исключением таких проблемных вопросов, как сложность изготовления и трудности поставки техники до места ее работы, немаловажной задачей конструкторов является проведение прочностного расчета РВМ.

### Цель работы

В связи с дороговизной и большими временными затратами проведения натурных испытаний в настоящее время активно используется численное моделирование. Исследование напряженно-деформированного состояния (НДС), определение наиболее нагруженных зон роторно-винтовых машин (РВМ), изучение отклика среды эксплуатации является актуальным и малоисследованным вопросом. Целью данной работы является определение НДС системы взаимодействия шнекохода с грунтовым основанием. Решение задачи осуществляется в статической постановке. В качестве инструмента проведения расчетов выбран программный комплекс ANSYS Workbench 17.0.

### Создание геометрической модели

Моделирование конструкции шнекохода проводилось при помощи средств САПР SolidWorks, после чего осуществлялась интеграция построенной геометрии модели РВД в ANSYS Workbench 17.0. Основными геометрическими параметрами движителя являются: диаметр цилиндра  $d$ , угол подъема винтовой линии  $\beta$ , высота лопасти  $h$ , шаг винтовой лопасти  $t$ , длина движителя  $L$  [2].

Общий вид конструкции шнека с изображением его геометрических параметров приведен на рис. 1.

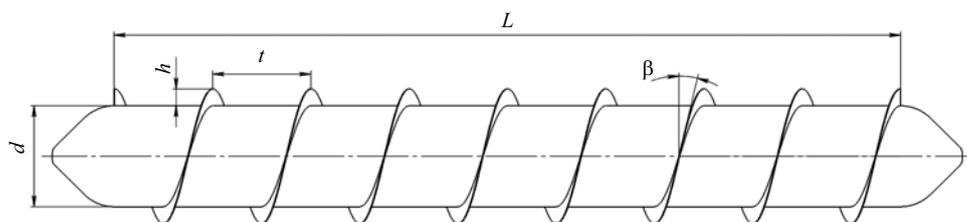


Рис. 1. Общий вид конструкции шнека и его геометрические параметры

Выбор рабочих параметров конструкции обуславливается простотой ее изготовления. Также выбранная модель является более упрощенной и менее ресурсоемкой для проведения расчетов по сравнению с другими конфигурациями шнекохода.

Значения параметров геометрической модели, принятые в расчете, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Значения параметров геометрической модели

Параметр	L, мм	h, мм	t, мм	d, мм	$\beta$ , °
Значение	4600	100	575	600	13

### Модели поведения материалов

В качестве материала шнекохода выбрана сталь 12Х18Н10Т, модель материала которой принята линейно-упругой. Физико-механические свойства грунта заданы моделью Extended Drucker-Prager, применяемой для гранулированных материалов. Характеристики материала РВД и модели грунтового основания приведены в табл. 2.

Таблица 2. Характеристики материалов

Наименование параметра	Значение параметра	
	Сталь 09Г2С	Грунт
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	7850	1800
Модуль упругости I рода E, МПа		$2,4 \cdot 10^7$
Коэффициент Пуассона $\nu$	0,3	0,3
Угол внутреннего трения $\varphi$	–	28
Удельное сцепление c, кПа	–	19
Угол дилатации $\theta$	–	0

### Условия нагружения

При проведении статического расчета в качестве условия нагружения модели задано ускорение свободного падения, действующее на оба тела системы. Нижняя поверхность грунтового основания жестко закреплена. Коэффициент трения между контактными поверхностями принимался в расчете  $\mu = 0,3$ . Схема нагрузок, приложенных к системе «шнек – грунт», представлена на рис. 2.

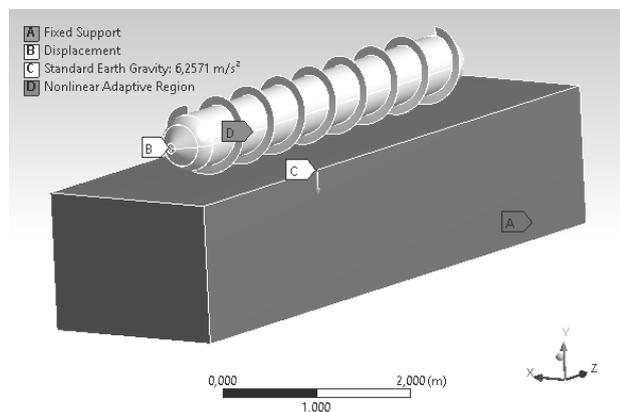


Рис. 2. Схема нагружения системы «шнек – грунт»

Получено 31.05.2016

### Результаты расчета

Наиболее нагруженными являются области контакта шнекохода с грунтовым основанием. Наибольшее значение осадки грунта составляет 1,2 мм и достигается в зоне соприкосновения реборды шнека с грунтом. При удалении от области контакта шнека и грунта наблюдается снижение значений напряжений и деформаций. Результаты расчета НДС системы «шнек – грунт» представлены на рис. 3 и 4.

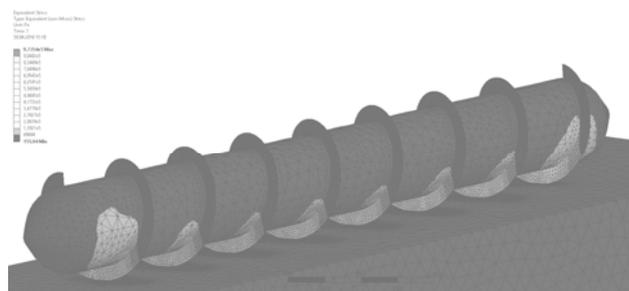


Рис. 3. Картина распределения интенсивности напряжений

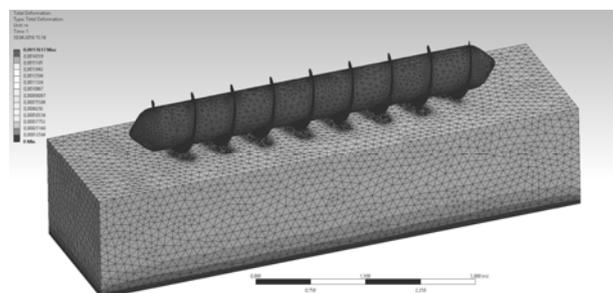


Рис. 4. Картина распределения общих деформаций

### Выводы

В результате работы выполнено моделирование взаимодействия шнекохода с грунтовым основанием в программном комплексе ANSYS Workbench 17.0. Выполнен расчет и анализ НДС системы «шнек – грунт». Направлением дальнейших исследований служит верификация полученных результатов численного моделирования. Последующим этапом исследования поведения системы «шнек – грунт» является проведение динамических расчетов, а также использование других программных комплексов в качестве инструмента для проведения численных экспериментов.

### Библиографические ссылки

1. Вездеходные транспортно-технологические машины: основы теории движения / В. В. Беляков, И. А. Бескин, В. С. Козлов [и др.]. – Н. Новгород : ТАЛАН, 2004. – 754 с.
2. Куклина И. Г. Разработка методики расчета колебаний и параметров упругой подвески транспортно-технологических роторно-винтовых машин при движении по льду : дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 / НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2001.