

ОТЗЫВ

Зарубежного научного руководителя на диссертационную работу
докторанта

Сағынтай Мұхағали Қаратайұлы

На тему «Разработка и проектирование механизмов машин для
послойной железобетонной заливки», представленную на соискание степени
доктора философии (PhD) по специальности 6D071200 – «Машиностроение»

Диссертационная работа Сағынтай М.Қ. посвящена на разработку и проектирования механизмов машин для послойной железобетонной заливки.

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что аддитивная технология в строительстве, а именно бетонная 3D печать, рассматривается как новая технология для замены или альтернативы существующему традиционной технологии строительство из бетона. Но в данном этапе развития 3D печатного бетона актуальной проблемой являются армирования 3D печатного бетона стандартной стальной арматурой, чтобы его механические характеристики были сопоставимы с механическими характеристиками железобетона изготовленным традиционным технологией строительство. На сегодняшний день армирование 3D печатного бетона стандартной стальной арматурой осуществляется вручную, а это отрицательно влияет на преимущество автоматизации процесса строительство, которое является основным преимуществом аддитивной технологии над традиционной технологией. Автоматизация процесса армирование 3D печатного бетона требует специального автоматического механизма для создание армирующей сетки во время процесса 3D печати. Такого механизма еще не существует, значит его нужно сначала исследовать и разработать, потом проектировать и изготовить дальнейшим испытанием.

Так как 3D печатный бетон по реологии отличается от традиционного более жидкого бетона, то возникает проблема интеграции арматурной сетки созданным армирующим механизмом. Проблема усиливается тем, что армирующая сетка создается во время 3D печати, значит только часть армирующей сетки должны интегрироваться в бетон, а остальная часть должно оставаться сухим чтобы на него можно было сваривать следующую часть армирующей сетки. Для этого нужно разработать специальное сопло, который может часть армирующей сетки интегрировать бетон, а остальную часть оставить сухим.

Автоматический армирующий механизм с стандартными стальными арматурами, а также специальная сопло будет весить достаточно тяжело для установки на обычные порталные, серийные роботы и другим робототехническим средствам, которые используется в качестве строительного 3D принтера. К тому же такие строительные 3D принтеры очень требовательны к условиям окружающей среды и чистоте. Поэтому часто их нужно изолировать от воздействие неблагоприятной условия окружающей среды, что приводит дополнительным расходам. Сейчас в мире идет тенденция адаптации строительной техники (автобетононасоса, экскаватора и др.) к работе в качестве строительной 3D принтера. Такие адаптированные 3D принтеры имеет хорошую грузоподъемность, устойчивость к динамическим нагрузкам, и не бояться воздействия неблагоприятной

окружающей среды. Но также имеет недостатки, а именно недостаточная точность позиционирования печатающей головки. Отклонение печатающей головки от заданной траектории не позволяет произвести 3D печать бетона. Для устранения этой недостатка в этой работе предлагается дополнительный компенсирующий механизм между последним звеном строительной техники и печатающей головкой.

Научные результаты и их обоснованность. В результате проведенных теоретических исследований на основе метода оптимизации получены основные параметры автоматического армирующего механизма. На основе этих параметров изготовлена экспериментальный прототип автоматического армирующего механизма и испытан. Результаты испытание доказали возможность изготовление армирующей сетки для 3D печатного бетона во время 3D печати, а также доказано соответствие прочности изготовленной армирующей сетки требованиям стандарта DIN 488-4. Спроектирован, изготовлен и испытан прототип специального сопло. Прототип сопло установлен на строительный 3D принтер и распечатал образцы с армирующими сетками. После семи дней образец сканированный на рентгеновском сканере, а для визуальной проверки интеграции арматурной сетки в бетон образцы разрезаны перпендикулярно и параллельно к направлению печати.

Решена прямая и обратная задача кинематики компенсирующего манипулятора, а результаты проверены в программном комплексе Matlab. Кроме этого, решены задачи динамики компенсирующего манипулятора в программном обеспечении OpenModelica. В результате определены крутящие моменты приводов компенсирующего манипулятора. А также, изготовлен и успешно испытан прототип компенсирующего манипулятора с грузоподъемностью 50 kg.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в разработке и теоретическом обосновании механизмов машин для послойной заливки железобетонных конструкций. Основные элементы новизны включают:

- разработку нового механизма автоматизированного формирования армирующей сетки в процессе 3D печати, что обеспечивает синхронную интеграцию арматуры с укладкой бетонной смеси;
- разработку метода интеграции армирующей сетки в 3D печатный бетон с помощью нового специального сопло во время 3D печати, что обеспечивает повышение прочностных характеристик конструкций;
- разработку методики компенсации отклонений траектории движения печатающей головки с помощью нового компенсирующего механизма, что позволяет повысить точность и надежность формирования слоёв бетона в процессе послойного строительства с использованием адаптированного автобетононасоса, модифицированного под строительный 3D принтер.

Практическая значимость работы:

Основные результаты диссертационного исследования могут быть использованы при проектировании механизмов машин, применяемых при возведении монолитных железобетонных стен по аддитивной технологии без применения опалубки. Реализация результатов диссертационного исследования позволяет использовать строительную технику, а именно бетононасос в качестве строительного 3D принтера, так как компенсируется отклонение печатающей головки установленным на ней компенсационным механизмом от заданной

траектории. Также это позволяет автоматизировать процесс армирования при возведении монолитных железобетонных стен с использованием аддитивных технологий без применения опалубки.

Полнота опубликования материалов диссертационной работы.

По теме исследования опубликовано 5 работ, отражающих основные результаты исследования, среди которых – 1 публикация в журналах входящих в базу данных Scopus, 3 публикаций в журналах, рекомендованных Комитета по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, и 1 одна статья в научном журнале.

Рекомендация диссертационной работы к защите.

Диссертационная работы докторанта Сағынтай Мұхағали Қаратайұлы на тему «Разработка и проектирование механизмов машин для послойной железобетонной заливки», представленная к защите по специальности 6D071200 – «Машиностроение» по актуальности темы, степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, научной новизне, практической значимости отвечает требованиям Комитета по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, предъявляемым к докторским диссертациям, и может быть представлена к защите на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D071200 – «Машиностроение».

**Доктор PhD, доцент кафедры
«Прикладная механика»
Химикотехнологического и
металлургического
Университета (ХТМУ),
София, Болгария**



Димитър Петков-Караиванов