

7. Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкции и размеры : ГОСТ 14098-2014. – Минск: Госстандарт, 2017. – 18 с.

8. Железобетонные монолитные конструкции зданий : СП 52-103-2007. – М., 2007. – 18 с.

9. Бетонные и железобетонные конструкции : СНБ 5.03.01-02 – Минск: Минстрой-архитектуры РБ, 2003. – 139 с.

УДК 624.012.4

**Мойсеянчик Д. А.**

**Научный руководитель: Воскобойников И. С.**

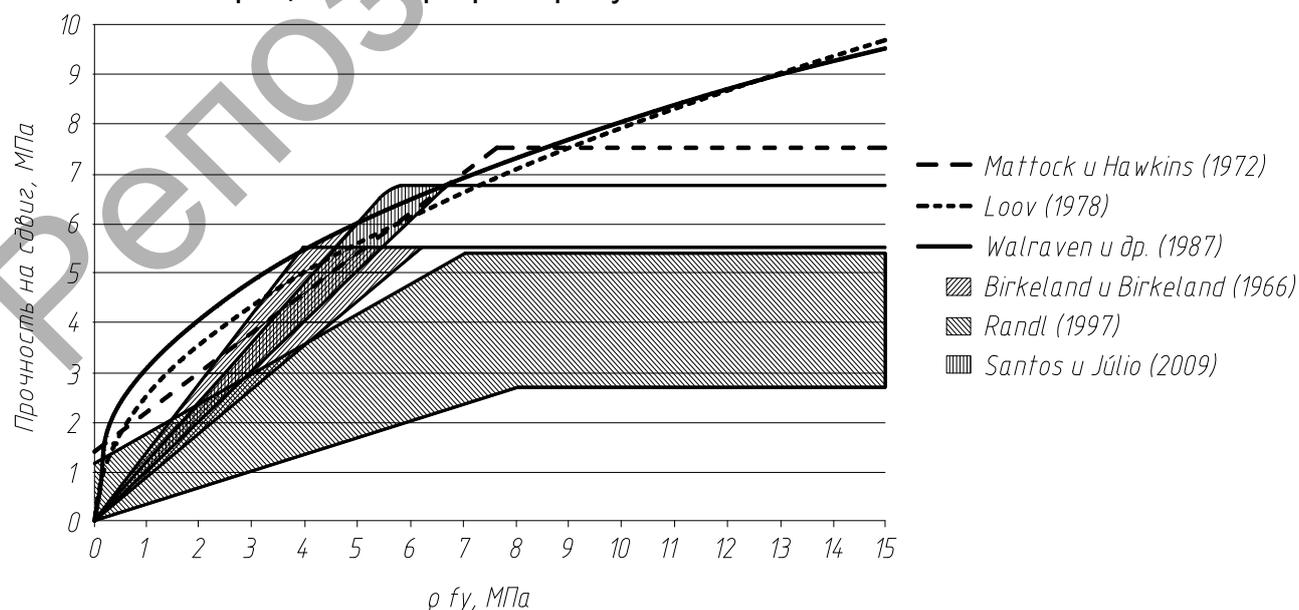
## «ФРИКЦИОННЫЙ СДВИГ» ПЛОСКИХ КОНТАКТОВ – 50 ЛЕТ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ

Впервые предложенная в 1966 году теория «фрикционного сдвига» (англ. «shear-friction theory») была официально принята во все нормы проектирования, предоставляя возможность для анализа стыковых соединений в сборно-монолитных конструкциях. В последние десятилетия было предложено учитывать некоторые важные факторы, позволяющие увеличить точность расчетов и область применения данной теории. Среди них можно отметить учёт прочности и плотности бетона, а также нагельный эффект поперечной арматуры.

Теория «фрикционного сдвига» предполагает, что механизм восприятия сдвиговых напряжений в контактах, подверженных взаимному действию сдвига и сжатия, обеспечивается только за счет сил трения.

Проведенный литературный обзор преследует целью определить вклад различных исследователей при оценке продольных напряжений сдвига в контактах типа «бетон-бетон» за последние 50 лет и показать некоторые контрольные этапы развития теории. Наибольшую значимость в этих этапах стало включение в рассмотрение новых параметров, механизмов передачи нагрузки, методик оценивания.

Можно выделить шесть основных ценных достижений и провести их сравнение иллюстрацией на графике рисунка 1.



**Рисунок 1 – Сравнение расчетных зависимостей**

Анализ расчётных зависимостей, полученных из опубликованных работ, показывает, что механизм передачи среза контактами типа «бетон-бетон» основывается на сцеплении, трении и нагельном эффекте. Под последним часто в неявной форме подразумевают «замаскированные» эффекты от сцепления и/или трения.

Можно с уверенностью полагать, что степень шероховатости оказывает существенное влияние на прочность контактов типа «бетон-бетон». Это ключевой параметр, который учитывается расчётными зависимостями в виде коэффициентов сцепления и/или трения. Эффект зависит от способа подготовки поверхности и количественно оценивается её визуальным осмотром.

Стоит так же упомянуть, что предел текучести поперечного армирования, применяемого в экспериментальных работах за последние 50 лет, менялся. Так, в первых работах, написанных в 1960-х годах, применялась арматура с пределом текучести 275 МПа. Позже, в 1970-х наиболее часто использовались стержни с 475 МПа. Современные работы проводятся с применением поперечной арматуры с 550 МПа.

Основная разница между современными нормами проектирования как Америки, так и Европы связана с классификацией степеней шероховатости поверхностей контактов, а именно: очень гладкой, гладкой, шероховатой, сильно шероховатой. Каждому из типов из данной классификации соответствуют свои коэффициенты сцепления и трения.

Следует подчеркнуть тот факт, что хоть составные железобетонные сечения и включают как минимум два слоя бетонов разного времени укладки, проанализированные расчётные зависимости не учитывают влияния условий твердения бетонов и их различную прочность. Поэтому можно заключить, что различие в усадке и жесткости слоёв бетона в этих уравнениях упущена. Требуются более полные исследования для оценки влияния обоих параметров на поведение контактов типа «бетон-бетон».

#### **Список цитированных источников**

1. Birkeland, P. W. Connections in precast concrete construction / P. W. Birkeland, H. W. Birkeland // J. Am. Concr. Inst., 1966 – P. 345–368.
2. Hofbeck, J. A. Shear transfer in reinforced concrete / J. A. Hofbeck, I. O. Ibrahim, A. H. Mattock // J. Am. Concr. Inst., 1969 – P. 119–128.
3. Mattock, A. H. Shear transfer in concrete having reinforcement at an angle to the shear plane // American Concrete Institute. Special Publication 42-2, January 1974 – P. 17–42.
4. Mattock, A. H. Cyclic shear transfer and type of interface // ASCE J. Struct. Div., 1981 – P. 1945–1964.
5. Walraven, J. Influence of concrete strength and load history on the shear friction capacity of concrete members / J. Walraven, J. Frenay, A. Pruijssers // PCI J., 1987 – P. 66–84.
6. Randl, N. Investigations on transfer of forces between old and new concrete at different joint roughness // PhD thesis, University of Innsbruck, 1997. – 379 p.
7. Mattock, A. H. Shear friction and high-strength concrete // ACI Struct. J. – 2001. – № 98(1). – P. 50–59.
8. Papanicolaou, C. G. Shear transfer capacity along pumice aggregate concrete and high-performance concrete interfaces / C. G. Papanicolaou, T. C. Triantafyllou // Mater Struct. – 2002. – № 35(4). – P. 237–245.
9. Gohnert, M. Horizontal shear transfer across a roughened surface // Cement Concr. Compos. – 2003. – № 25(3). – P. 379–385.
10. Santos PMD, Júlio ENBS. Factors affecting bond between new and old concrete // ACI Mater. J. – 2011. – № 108(4). – P. 449–456.
11. Santos PMD, Júlio ENBS. Recommend improvements to current shear-friction provisions of model code. In: 3rd fib international congress, Washington, DC, May 29–June 02, 2010.
12. Model Code 2010. First complete draft – Vol. 2. Comité Euro-International du Béton, Secretariat Permanent, Case Postale 88, CH-1015 Lausanne. – Switzerland, 2010. – 312 p.