

Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 8, №4 (2016) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol8-4>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/24TVN416.pdf>

Статья опубликована 26.07.2016.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Несветаев Г.В., Беляев А.В. О сцеплении конструкционного керамзитобетона и тяжелого бетона в монолитных слоистых перекрытиях // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №4 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/24TVN416.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 691.32

Несветаев Григорий Васильевич

ФГБОУ ВПО «Донской государственный технический университет», Россия, Ростов-на-Дону¹
Академия строительства и архитектуры
Заведующий кафедрой «Технологии строительного производства»
Доктор технических наук, профессор
E-mail: nesgrin@yandex.ru

Беляев Алексей Вячеславович

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
Россия, Москва
Старший преподаватель
E-mail: 89150323232@mail.ru

**О сцеплении конструкционного керамзитобетона
и тяжелого бетона в монолитных слоистых перекрытиях**

Аннотация. Снижение массы конструкций зданий является актуальной задачей. Легкобетонные перекрытия часто не обеспечивают необходимую жесткость. Слоистые железобетонные перекрытия, состоящие из легкого и тяжелого бетона в сжатой зоне, обеспечивающего требуемую жесткость перекрытий, обладают пониженной до 30% массой в сравнении с традиционными перекрытиями из тяжелого бетона. Исследовано влияние временных и технологических факторов на сцепление конструкционного керамзитобетона классов В15 – В20 и тяжелого бетона класса В30 в монолитных слоистых перекрытиях, включающих слой тяжелого бетона в сжатой зоне и слой конструкционного керамзитобетона в остальном сечении. Бетонирование перекрытий предлагается по схеме «укладка керамзитобетонного слоя – технологический перерыв – укладка слоя тяжелого бетона». Выявлены три случая разрушения составных образцов при определении прочности на срез: по керамзитобетону, по керамзитобетону и контакту с тяжелым бетоном и по контакту с тяжелым бетоном. Показано, что при продолжительности технологического перерыва после укладки легкобетонного слоя не более суток величина сцепления тяжелого бетона и легкого бетона составляет не менее расчетной величины прочности на срез легкого бетона, что гарантирует эффективную работу такой слоистой конструкции.

Ключевые слова: слоистые монолитные перекрытия; легкий бетон; тяжелый бетон; срез; сцепление; жесткость; снижение массы конструкций

¹ 344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162

Проблема снижения массы зданий, в т.ч. за счет уменьшения массы перекрытий, продолжает оставаться актуальной, особенно в современных условиях, характеризующихся появлением легких бетонов нового поколения, в т.ч. получаемых из самоуплотняющихся бетонных смесей [1-6]. Широко применяемые в современном гражданском строительстве вследствие технологичности сплошные монолитные безбалочные железобетонные перекрытия из-за повышенной массы не позволяют в полной мере реализовать все достоинства монолитного каркаса. Возведение монолитных перекрытий с пустотами для снижения массы не получило должного распространения в России, а применение в перекрытиях легкого бетона наряду со снижением массы приводит к снижению их жесткости. Перспективным направлением может быть возведение слоистых перекрытий с применением тяжелого и легкого бетонов. Возможные варианты конструктивных решений в сравнении со сборной многпустотной панелью представлены в табл. 1.

Таблица 1

Варианты конструктивных решений монолитных и сборно-монолитных слоистых перекрытий (составлено автором)

| Слои | Вариант | | | | | |
|---------------|--------------------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Верхний | Тб монолит 70 мм | Кб монолит 150 мм | Тб монолит 70 мм | Кб монолит 220 мм | Тб монолит 220 мм | Многупустотная сборная 220 мм |
| Средний | Кб монолит 80 мм | | Кб монолит 150 мм | | | |
| Нижний | Тб сборный 70 мм ¹ | Тб сборный 70 мм ¹ | | | | |
| Масса 1 кв. м | 470 | 400 | 400 | 330 | 550 | 315 |
| Масса, % | 85 | 73 | 73 | 60 | 100 | 57 |
| Масса, % | 149 | 127 | 127 | 105 | 175 | 100 |
| Достоинства | Не требует опалубки, жесткость | Не требует опалубки | Жесткость | Низкая масса | Жесткость | Жесткость, низкая масса |
| Недостатки | Требуется индустриальной базы | Требуется индустриальной базы, низкая жесткость | | Низкая жесткость | Высокая масса | Требуется индустриальной базы, жесткая сетка |

Примечание: 1 – несъемная опалубка

Очевидно, что для выполнения нормативных ограничений по деформативности и трещиностойкости перекрытий необходимо обеспечить достаточную жесткость сечений. Одним из путей решения этой задачи является увеличения модуля деформаций сжатого бетона за счет повышения его класса и (или) снижения коэффициента ползучести. Кроме изменения свойств бетона, успешному решению отмеченной задачи может содействовать также увеличение статического момента приведенного сечения за счет более мощного армирования или использования арматуры с более высоким модулем упругости, т.е. повышенного класса. Повышение класса и процента продольного армирования может привести к снижению экономической эффективности конструктивных решений слоистых перекрытий. Поиск рациональных решений представляет важную задачу и составляет предмет отдельного исследования, в котором общая эффективность будет определяться по результатам расчетов при широком варьировании толщин слоев тяжелого и легкого бетонов, продольного армирования с привязкой к максимально допустимым значениям прогибов и ширины раскрытия трещин [7].

В настоящем исследовании ставилась задача определения возможности изготовления слоистых перекрытий по различным схемам возведения, в т.ч. с использованием несъемной опалубки, а также оценки сцепления тяжелого и легкого керамзитобетона в зависимости от прочности на сжатие и растяжение.

Очевидно, что с позиции снижения массы, обеспечения жесткости и технологичности перекрытия заслуживает внимания вариант №3 в табл. 1. Безусловно, работа такой конструкции возможна при обеспечении качественного сцепления легкого и тяжелого бетона. Возведение такого перекрытия в принципе может выполняться по двум схемам:

- укладка легкого бетонного слоя с последующей непрерывной укладкой слоя тяжелого бетона, что потребует специальных технологических мероприятий по обеспечению толщины слоя тяжелого бетона;
- укладка легкого бетонного слоя, технологический перерыв для обеспечения прочности легкого бетона не менее 2,5 МПа, далее укладка слоя тяжелого бетона.

Очевидно, что вторая схема предпочтительнее с точки зрения организации и технологии производства работ. Для реализации этой схемы бетонирования перекрытия необходимо уточнить, как влияет продолжительность технологического перерыва на величину сцепления легкого и тяжелого бетона.

Для оценки характера возможного разрушения слоистой конструкции перекрытия выполнено сопоставление пределов прочности бетона на срез и изгиб. Предел прочности на срез бетона определялся по формуле Мерша [8]

$$R_{cut} = 0,5 \cdot \sqrt{R \cdot R_t}, \quad (1)$$

где R – предел прочности на сжатие, МПа, R_t – предел прочности на осевое растяжение, МПа, связан с пределом прочности на сжатие зависимостью [8]

$$R_t = 0,29 \cdot R^{0,6}. \quad (2)$$

Из ф.(1) и ф.(2) следует

$$R_{cut} = 0,27 \cdot R^{0,8}. \quad (3)$$

Предел прочности на растяжение при изгибе (в дальнейшем – на изгиб) связан с пределом прочности на сжатие зависимостью [9]

$$R_f = 0,29 \cdot R^{0,74}, \quad (4)$$

или с пределом прочности на осевое растяжение зависимостью [8]

$$R_f = k \cdot R_t. \quad (5)$$

Значения k представлены в [9].

На рис. 1 представлено сопоставление значений пределов прочности на срез R_{cut} и изгиб R_f , полученных с использованием ф.(1) – ф.(5).

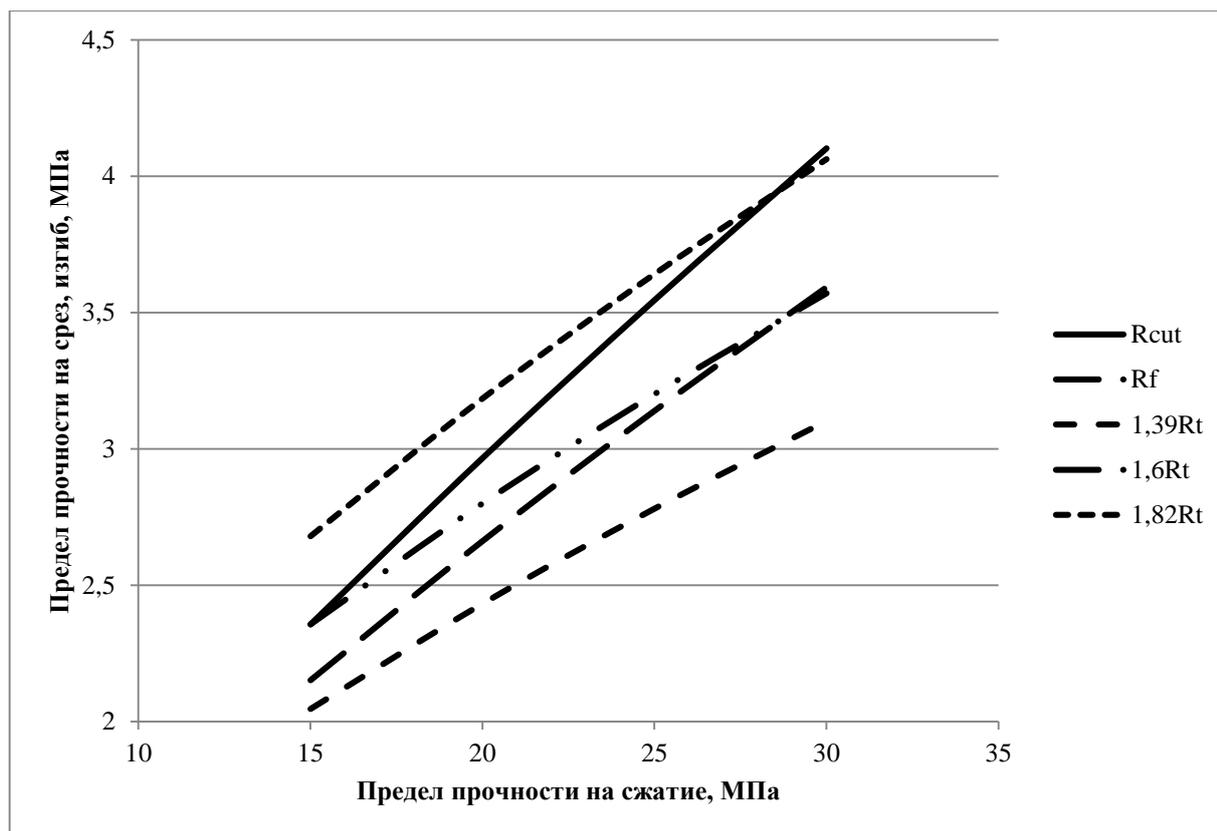


Рисунок 1. Зависимость предела прочности бетона на срез R_{cut} по ф.(3) и изгиб R_f по ф. (4,5) от предела прочности на сжатие R 1,39 – минимальное значение коэффициента k по [9]; 1,6 – значение коэффициента k по EN 1992-1-1; 1,82 – значение коэффициента k по ГОСТ 10180. (составлено автором)

Из представленных на рис. 1 данных следует, что для керамзитобетона в диапазоне прочности от 15 до 30 МПа предел прочности на срез будет выше предела прочности на изгиб. Для тяжелого бетона с более высокой прочностью эта закономерность сохраняется. В связи с этим разрушение слоистого элемента, включающего тяжелый и керамзитобетон, при полном сцеплении между бетонами будет происходить по керамзитобетону и определяться величиной его прочности, т.е. в этом случае несущая способность слоистой конструкции однозначно контролируется параметрами керамзитобетона. При варьировании величины сцепления между керамзитобетоном и тяжелым бетоном возможны другие случаи разрушения.

Для изучения сцепления керамзитобетона с тяжелым бетоном использован составной образец, состоящий из трех соединенных кубов – центрального из керамзитобетона и крайних из тяжелого бетона. Образец, методика испытаний и составы керамзитобетона приведены в [10]. Тяжелый бетон класса В30. Составной образец для определения сцепления керамзитобетона и тяжелого бетона изготавливался тремя способами:

- укладка тяжелого и керамзитобетона осуществлялась одновременно – эталонный состав (№ бб в табл. 2);
- укладка тяжелого бетона осуществлялась через сутки после укладки керамзитобетона (№ бв в табл. 2) с целью моделирования изготовления перекрытия по описанной выше второй схеме для вариантов 1 и 3 в табл. 1;
- укладка керамзитобетона осуществлялась через один – три месяца после укладки тяжелого бетона (зрелый бетон – все составы, кроме бб и бв, в табл. 2) с

целью моделирования изготовления перекрытия с использованием несъемной опалубки по вариантам 1 и 2 в табл. 1.

Информация о некоторых свойствах керамзитобетона и результатах определения сцепления представлена в табл. 2.

Таблица 2

Результаты испытаний составного образца (составлено автором)

| № | Средняя плотность смеси/бетона ¹ , кг/м ³ | Предел прочности керамзитобетона ⁶ , МПа | | Сцепление тяжелого и керамзитобетона R _{bond} (характер разрушения) ⁷ | R _{cut} ⁵ | R _{bond} /R _{bond} , Э |
|----|---|---|----------------------|---|-------------------------------|--|
| | | на сжатие | на осевое растяжение | | | |
| 1 | 1445/1300 | 21,3 | 1,59 | 1,78 ² (2) | 2,91 | 0,53 |
| 2 | 1440/1295 | 19,2 | 1,74 | 1,42 ² (3) | 2,89 | 0,42 |
| 3 | 1475/1320 | 21,2 | 1,62 | 2,0 ² (2,3) | 2,93 | 0,6 |
| 4 | 1495/1340 | 21,2 | 1,81 | 1,52 ² (2,3) | 3,1 | 0,45 |
| 5 | 1460/1310 | 22,3 | 1,82 | 1,36 ² (2,3) | 3,18 | 0,41 |
| 6а | 1445/1230 | 24,5 | 1,72 | 2,08 ² (3) | 3,24 | 0,62 |
| 6б | | | | 3,36 ³ (1) | | 1,0 |
| 6в | | | | 3,89 ⁴ (1,3) | | 1,16 |
| 7 | 1540/1290 | 17,6 | 1,38 | 1,87 ² (3) | 2,47 | 0,56 |
| 8 | 1515/1350 | 25,1 | 1,94 | 1,5 ² (3) | 3,49 | 0,45 |

Примечание: 1 – в сухом состоянии; 2 – возраст тяжелого бетона 3 месяца; 3 – одновременное бетонирование; 4 – возраст тяжелого бетона 1 сут.; 5 – по формуле (1); 6 – возраст керамзитобетона 28 сут.; 7 – (1) – разрушение по керамзитобетону (рис. 2,а); 2 – разрушение по зоне сцепления и керамзитобетону (рис. 2, б); 3 – разрушение по зоне сцепления (рис. 2, в)



а) разрушение по легкому бетону (разрушение от изгиба) – схема 1 в табл. 2



б) разрушение по легкому бетону и контакту «легкий бетон – тяжелый бетон» - схема 2 в табл. 2



в) разрушение по контакту «легкий бетон – тяжелый бетон» - схема 3 в табл. 2

Рисунок 2. Характер разрушения составных образцов (тяжелый бетон – легкий бетон – тяжелый бетон) (составлено автором)

Из представленных в табл. 1 данных очевидно:

- для эталонного состава (6б в табл. 1) разрушение произошло по керамзитобетону, при этом различие величин расчетной прочности на срез по ф.(1) и фактической прочности разрушения, определенной как прочность сцепления, составляет менее 4%, т.е. находится в пределах погрешности эксперимента;

для состава 6в в табл. 1, моделирующего вторую схему бетонирования перекрытия (укладка слоя легкого бетона, технологический перерыв 1 сут., укладка слоя тяжелого бетона), величина разрушающей нагрузки оказалась не ниже значения для эталонного состава 6б и превысила расчетное значение прочности на срез на 20%. В связи с этим можно утверждать, что при продолжительности технологического перерыва не более одних суток будет обеспечено надежное сцепление слоев бетона, т.е. несущая способность слоистой конструкции будет однозначно контролироваться прочностью легкого бетона, которая легко регулируется;

- величина разрушающей нагрузки при соединении легкого бетона со зрелым тяжелым бетоном (моделирование несъемной опалубки) зависит от состава легкого бетона, возраста и качества поверхности тяжелого бетона и составляет от 0,42 до 0,62 расчетной прочности керамзитобетона на срез.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать следующие выводы:

1. Поскольку предел прочности бетона на срез выше предела прочности на изгиб, при полном сцеплении между бетонами различных видов и классов, укладываемых в разное время, нарушение сцепления между бетонами будет определяться прочностью бетона более низкого класса. При неполном сцеплении в зависимости от свойств поверхности более старого бетона и его возраста величина сцепления составляет от 0,42 до 0,62 предела прочности на срез менее прочного бетона.
2. Использование несъемной опалубки из тяжелого бетона при возведении слоистых перекрытий по варианту 1, 2 (табл. 1) может потребовать дополнительных конструктивных и (или) технологических мероприятий для обеспечения надлежащего сцепления керамзитобетонного слоя с бетоном несъемной опалубки, в связи, с чем варианты с использованием несъемной

опалубки, несмотря на возможное снижение трудозатрат на опалубочные работы, не следует рассматривать как эффективные;

3. При продолжительности технологического перерыва после укладки керамзитобетонного слоя не более суток величина сцепления тяжелого бетона и легкого бетона составляет не менее расчетной величины прочности на срез легкого бетона, что гарантирует эффективную работу такой слоистой конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стронгин, Н.С. Легкобетонные конструкции крупнопанельных жилых домов / Н.С. Стронгин, Д.К. Баулин. - М.: Стройиздат, 1984. – 185 с.
2. Горин, В.М. Перспективы применения керамзитобетона на современном этапе жилищного строительства / В.М. Горин, С.А. Токарева, М.К. Кабанова, А.М. Кривопапов, Ю.С. Вытчиков // Строительные материалы. 2004. №12. С. 22-23.
3. Горин, В.М. Применение керамзитобетона в строительстве – путь к энерго- и ресурсоэффективности, безопасности зданий и сооружений// Строительные материалы. 2010. №8. С. 8-10.
4. Ортлихер, Л.П. XXI век – век легких бетонов // Актуальные проблемы современного строительства: Материалы Всероссийской 31-й научно-технической конференции, Пенза, 25-27 апреля, 2001, ч.4. Строительные материалы и изделия – Пенза: изд-во ПГАСА, 2001. - С. 76-77.
5. Давидюк, А.Н. Эффективные бетоны для современного высотного строительства / А.Н. Давидюк, Г.В. Несветаев. - М.: Издательство ООО «НИПКЦ Восход-А», 2010. – 148 с.
6. Бычков, М.В. Легкий самоуплотняющийся бетон как эффективный конструкционный материал / М.В. Бычков, С.А. Удодов // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – 2013. - №4. <http://naukovedenie.ru/PDF/42tvn413.pdf>.
7. Маилян, Д.Р. Расчет двухслойных предварительно напряженных железобетонных панелей // Вестник Майкопского государственного технического университета. – 2011. - №4.
8. Несветаев, Г.В. Бетоны: учебно-справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. – 381 с.
9. Несветаев, Г.В. О применении цементных бетонов для дорожных и аэродромных покрытий / Г.В. Несветаев, Г.С. Кардумян // Строительные материалы. 2014. - №3. – С. 31-35.
10. Несветаев, Г.В. Самоуплотняющийся керамзитобетон классов В12,5 – В20 с маркой по средней плотности D1400 / Г.В. Несветаев, А.В. Беляев // Наукоедение, Том 8, №1 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/29TVN116.pdf>.

Nesvetaev Grigoriy Vasil'evich

Don state technical university, Russia, Rostov-on-Don
E-mail: nesgrin@yandex.ru

Belyaev Aleksey Vyacheslavovich

Moscow state university of civil engineering, Russia, Moscow
E-mail: 89150323232@mail.ru

About adhesion between structural LWA concrete and ordinary concrete in the in-situ layered slabs

Abstract. Reducing weight of reinforced concrete structures of the is a very important problem. Lightweight aggregate concrete slab often do not provide the necessary stiffness. Layered slabs, consisting of lightweight aggregate and ordinary concrete in the compression zone, which provides the required stiffness of slabs, allow to reduce up to 30% weight of slabs in comparison with traditional ordinary concrete slabs. The effect of time and technological factors on the adhesion between structural LWA concrete classes B15 - B20 and ordinary concrete class B30 in monolithic slabs, comprising a heavy layer of concrete in the compressed zone and a layer of structural LWA concrete at the rest of the section. Concreting of slabs offered on in accordance with a scheme "laying LWA concrete layer - technological break - laying an ordinary concrete layer". Revealed three cases of destruction of composite samples in the determination of shear strength: for lightweight aggregate, lightweight aggregate and by contact with the ordinary concrete and by contact with the ordinary concrete. It is shown that the duration of a technological break after laying LWA concrete layer is not more than a day value of ordinary concrete and lightweight concrete adhesion is not less than the calculated value of the shear strength of lightweight concrete, which guarantees efficient operation of such a layered structure.

Keywords: layered monolithic slab; lightweight concrete; ordinary concrete; shear; adhesion; stiffness; reduced weight designs

REFERENCES

1. Strongin, N.S. Legkobetonnye konstruksii krupnopanel'nykh zhilykh domov/ N.S. Strongin, D.K. Baulin. - M.: Stroyizdat, 1984. – 185 s.
2. Gorin, V.M. Perspektivy primeneniya keramzitobetona na sovremennom etape zhilishchnogo stroitel'stva / V.M. Gorin, S.A. Tokareva, M.K. Kabanova, A.M. Krivopalov, Yu.S. Vytchikov // Stroitel'nye materialy. 2004. №12. S. 22-23.
3. Gorin, V.M. Primenenie keramzitobetona v stroitel'stve – put' k energo- i resursoeffektivnosti, bezopasnosti zdaniy i sooruzheniy// Stroitel'nye materialy. 2010. №8. S. 8-10.
4. Orentlikher, L.P. XXI vek – vek legkikh betonov // Aktual'nye problemy sovremennogo stroitel'stva: Materialy Vserossiyskoy 31-y nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, Penza, 25-27 aprelya, 2001, ch.4. Stroitel'nye materialy i izdeliya – Penza: izd-vo PGASA, 2001. - S. 76-77.
5. Davidyuk, A.N. Effektivnye betony dlya sovremennogo vysotnogo stroitel'stva / A.N. Davidyuk, G.V. Nesvetaev. - M.: Izdatel'stvo OOO «NIPKTs Voskhod-A», 2010. – 148 s.
6. Bychkov, M.V. Legkiy samouplotnyayushchiysya beton kak effektivnyy konstruksionnyy material / M.V. Bychkov, S.A. Udodov // Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE». – 2013. - №4. <http://naukovedenie.ru/PDF/42tvn413.pdf>.
7. Mailyan, D.R. Raschet dvukhsloynnykh predvaritel'no napryazhennykh zhelezobetonnykh paneley // Vestnik Maykopskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2011. - №4.
8. Nesvetaev, G.V. Betony: uchebno-spravochnoe posobie. 2-e izd., pererab. i dop. Rostov-na-Donu: Feniks, 2013. – 381 s.
9. Nesvetaev, G.V. O primenenii tsementnykh betonov dlya dorozhnykh i aerodromnykh pokrytiy / G.V. Nesvetaev, G.S. Kardumyan // Stroitel'nye materialy. 2014. - №3. – S. 31-35.
10. Nesvetaev, G.V. Samouplotnyayushchiysya keramzitobeton klassov V12,5 – V20 s markoy po sredney plotnosti D1400 / G.V. Nesvetaev, A.V. Belyaev // Naukovedenie, Tom 8, №1 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/29TVN116.pdf>.