

**РЕГИОНАЛЬНЫЕ НОРМЫ СТЕПЕНИ УПЛОТНЕНИЯ ГЛИНИСТЫХ  
ГРУНТОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**  
**REGIONAL STANDARDS OF ROAD BED CLAY SOILS COMPACTION**

*Макалада автомобиль жолдорунун жер каптамындагы чополуу топуракты тыгыздоо даражасын аймактык ченемдөө ыкмасынын негизги жоболору берилди жана Кемерово областынын шартында жер кыртышын тыгыздоо коэффициентинин мааниси чагылдырылды.*

***Ачык сөздөр:** жер каптамы, чополуу топурактар, тыгыздоо коэффициентини.*

*Приведены основные положения методики регионального нормирования степени уплотнения глинистых грунтов земляного полотна автомобильных дорог и предлагаемые значения коэффициента уплотнения грунта для условий Кемеровской области.*

***Ключевые слова:** земляное полотно, глинистые грунты, коэффициент уплотнения.*

*Primary positions of regional standards method of road bed clay soils compaction rate and available soils compaction ratio for Kemerovo region conditions are showed.*

***Keywords:** road bed, clay soils, compaction ratio.*

Степень уплотнения грунтов в значительной мере определяет устойчивость земляного полотна, потребительские свойства автомобильной дороги в целом [1], поэтому обоснование соответствующих норм - одна из наиболее актуальных задач дорожной геотехнологии. Действующие нормы уплотнения глинистых грунтов автомобильных дорог не пересматривались уже более 60 лет. За это время значительно изменились нагрузки от транспортных средств, выполнены фундаментальные исследования, позволяющие реализовывать более эффективные способы нормирования (см., например, [2]).

Основываясь на современных представлениях регионального грунтоведения [3, 4], дорожно-климатического районирования [5, 6], предложена методика нормирования степени уплотнения глинистых грунтов земляного полотна автомобильных дорог, учитывающая особенности конкретного региона строительства. При этом в целом сохранена нормативная схема назначения требований по уплотнению [7]: в зависимости от элемента земляного полотна и характера его увлажнения, типа дорожной одежды, дорожно-климатических условий. Предлагаемый подход в максимальной степени учитывает региональные особенностей грунтов (вид, строительные свойства), характер увлажнения земляного полотна и дорожной одежды, экономическую ответственность сооружения. В табл. 1 приведено сопоставление схем нормирования коэффициента уплотнения по СП 34.13330.2012 и по предлагаемому методу.

Таблица 1 - Сопоставление нормированной и предлагаемой схем нормирования коэффициента уплотнения грунта земляного полотна автомобильных дорог

| Параметр (критерий) выбора коэффициента уплотнения грунта | По СП 34.13330.2012 | Предложение авторов |
|---|---------------------|---------------------|
| 1. Элемент земляного полотна                              | +                   | +                   |
| 2. Глубина расположения слоя от поверхности покрытия      | +                   | +                   |
| 3. Тип дорожной одежды                                    | +                   | +                   |
| 4. Дорожно-климатическая зона                             | +                   | +                   |
| 5. Дорожно-климатический район                            | -                   | +                   |
| 6. Вид и строительные свойства грунта                     | -                   | +                   |
| 7. Расчетная схема увлажнения дорожной                    | -                   | +                   |

|                                     |   |   |
|-------------------------------------|---|---|
| конструкции                         |   |   |
| 8. Проектный коэффициент надежности | - | + |

В основу выбора рациональных решений по назначению требуемой величины коэффициента уплотнения грунта при сооружении земляного полотна приняты следующие положения: 1) технически и экономически целесообразно увеличение плотности грунта рабочего слоя земляного полотна; 2) значения плотности в процессе эксплуатации дороги не должны быть меньше «бытовой» плотности; 3) установленные нормы уплотнения должны достигаться с использованием имеющихся уплотняющих средств, без существенного изменения традиционной (нормированной) технологии работ; 4) следует учитывать неоднородность показателей грунтов, климатических воздействий, процессов уплотнения, контроля уплотнения; 5) проектные значения коэффициентов уплотнения не могут быть ниже наименьших значений по СП 34.13330.2012; 6) следует учитывать заданную надежность сооружения.

В качестве базового рекомендуется принимать минимальное значение  $K_{y(стр)}$ , при котором не происходит разуплотнение грунта в процессе эксплуатации дороги (с учетом положений 1 и 4, см. выше), обозначим его  $K_{y(стр. тр)}$ .  $K_{y(стр. тр)}$  - это коэффициент уплотнения грунта, который требуется достичь при строительстве (реконструкции) дороги. Такой подход по существу является реализацией идеи, принятой при нормировании по «бытовой» плотности, но с учетом современных требований к проектным решениям, факта снижения плотности грунта в процессе эксплуатации дороги и региональных грунтовых и природно-климатических условий.

Несмотря на то, что в ряде работ российских и зарубежных ученых подчеркивается высокая эффективность повышения степени уплотнения грунтов земляного полотна, соответствующих технико-экономических обоснований практически нет. Наши исследования [8] показали, что в пределах технически возможной степени уплотнения грунтов земляного полотна, её увеличение экономически целесообразно. С другой стороны, существует физический (технический) предел уплотнения [1], также возможно значительное разуплотнение в процессе эксплуатации дороги.

В результате исследований степени уплотнения грунтов верхнего (рабочего) слоя на реальных объектах установлено, что значения  $K_{y(стр)}$  могут достигать 1,098-1,11 [6]. При этом каких-либо специальных мероприятий по повышенному уплотнению в проектах не предусматривалось. Т.е. в природно-климатических условиях территории исследования (Западная Сибирь) современные уплотняющие средства и технологии могут обеспечить достаточно высокую степень уплотнения.

Проф. В.А. Семенов, кандидаты техн. наук Л.И. Самойлова и Э.Ф. Семехин установили, что однородность грунта земляного полотна по влажности и плотности при строительстве дорог недостаточно высокая, поэтому пренебречь ею нельзя. На практике фактическая влажность уплотняемого глинистого грунта может изменяться в довольно широком диапазоне. Так, при строительстве автомобильной дороги I категории «Новосибирск - Ленинск-Кузнецкий - Кемерово - Юрга» на участке земляного полотна длиной около 100 м (практически одна сменная захватка) нами был зафиксирован разброс влажности уплотняемого грунта от 16,4 до 23,3%, что неизбежно приведет к соответствующей неоднородности по плотности. Возможна и неоднородность определения фактической и максимальной плотности, оптимальной влажности при контроле. Кроме того, должна учитываться и заданная надежность конструкций.

Исходя из изложенных выше соображений, требуемый коэффициент уплотнения рекомендуем назначать по формуле

$$K_{y(норм)} = K_{y(стр.тр)} (1 - tC_v) / (1 + tC_{v(ст)}),$$

где  $C_v$  - коэффициент вариации плотности скелета грунта в земляном полотне;  $C_{v(ст)}$  - коэффициент вариации плотности скелета грунта, полученной на приборе стандартного уплотнения;  $t$  - коэффициент нормированного отклонения.



| Дорожно-климатический район - III.P.3 |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| 1                                     | 0,99 | 0,99 | 1,0  | 1,0  | 1,01 | 1,01 |
| 2                                     | 1,01 | 1,01 | 1,02 | 1,02 | 1,03 | 1,03 |
| 3                                     | 1,02 | 1,02 | 1,02 | 1,02 | 1,02 | 1,02 |
| Дорожно-климатический район - II.G.2  |      |      |      |      |      |      |
| 1                                     | 1,0  | 1,0  | 1,01 | 1,01 | 1,02 | 1,02 |
| 2                                     | 1,01 | 1,01 | 1,02 | 1,02 | 1,03 | 1,03 |
| 3                                     | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 1,00 |
| Дорожно-климатический район - II.X.1  |      |      |      |      |      |      |
| 1                                     | 1,0  | 1,0  | 1,01 | 1,01 | 1,02 | 1,02 |
| 2                                     | 1,0  | 1,0  | 1,01 | 1,01 | 1,02 | 1,02 |
| 3                                     | 1,02 | 1,02 | 1,02 | 1,02 | 1,03 | 1,03 |

Таблица 3 - Рекомендуемые значения требуемых коэффициентов уплотнения при переходном типе дорожных одежд

| Расчетная<br>схема<br>увлажнения      | Значения требуемого коэффициента уплотнения при<br>проектном коэффициенте надежности $K_n$ , равном |      |      |      |      |      |
|---------------------------------------|---|------|------|------|------|------|
|                                       | 0,7   | 0,8  | 0,85 | 0,9  | 0,95 | 0,98 |
| Дорожно-климатический район - III.X.4 |   |      |      |      |      |      |
| 1                                     | 0,97  | 0,97 | 0,98 | 0,98 | 0,99 | -    |
| 2                                     | 0,98  | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 1,0  | -    |
| 3                                     | 1,02  | 1,02 | 1,02 | 1,02 | 1,02 | -    |
| Дорожно-климатический район - III.P.3 |   |      |      |      |      |      |
| 1                                     | 0,96  | 0,96 | 0,97 | 0,97 | 0,98 | -    |
| 2                                     | 0,99  | 0,99 | 1,0  | 1,0  | 1,01 | -    |
| 3                                     | 1,01  | 1,01 | 1,01 | 1,02 | 1,02 |      |
| Дорожно-климатический район - II.G.2  |   |      |      |      |      |      |
| 1                                     | 0,97  | 0,97 | 0,98 | 0,98 | 0,99 | -    |
| 2                                     | 0,98  | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 1,0  | -    |
| 3                                     | 1,0   | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 1,0  | -    |
| Дорожно-климатический район - II.X.1  |   |      |      |      |      |      |
| 1                                     | 0,96  | 0,96 | 0,97 | 0,97 | 0,98 | -    |
| 2                                     | 0,97  | 0,97 | 0,98 | 0,98 | 0,99 | -    |
| 3                                     | 1,01  | 1,01 | 1,01 | 1,02 | 1,02 | -    |

Полученные величины  $K_u$  (норм) в целом несколько выше, регламентированных СП 34.13330.2012 (при капитальном и облегченном типах дорожных одежд - на 0,01-0,03, при одеждах переходного типа - на 0,01-0,07). Они не только более полно учитывают конкретные природно-климатические условия района строительства, но и являются научно обоснованными с точки зрения современных требований к надежности и экономической ответственности сооружений. Предлагаемые нормы исходят из внедряемой в России в последние годы концепции максимального учета требований всех этапов «жизненного» цикла продукции.

#### Список литературы

1. Хархута, Н.Я. Прочность, устойчивость и уплотнение грунта земляного полотна автомобильных дорог [Текст] / Н.Я. Хархута, Ю.М. Васильев. – М.: Транспорт, 1975. – 288 с.
2. Осипов В.И. Природа прочностных и деформационных свойств глинистых пород [Текст] / В.И.Осипов. - М.: Изд-во МГУ, 1979. - 235 с.
3. Трофимов, В.Т. Инженерная геология России. Т. 1. Грунты России [Текст] / Под ред. В.Т. Трофимова, Е.А. Вознесенского, В.А. Королева. – М.: Изд-во «КДУ», 2011. – 672 с.
4. Рященко Т.Г. Региональное грунтоведение (Восточная Сибирь) [Текст] / Т.Г.Рященко. - Иркутск: Ин-т земной коры СО РАН, 2010. - 287 с.
5. Ефименко С.В. Дорожное районирование территории Западной Сибири [Текст] / С.В. Ефименко, М.В. Бадина. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2014. – 244 с.
6. Афиногенов О.П. Совершенствование методов проектирования автомобильных дорог на основе дифференциации районирования [Текст] / О.П. Афиногенов, С.В. Ефименко, А.О. Афиногенов. – Кемерово: ООО «Офсет», 2015. – 364 с.
7. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги / Госстрой России [Текст]. – М., 2012. – 108 с.
8. Афиногенов, А.О. Эффективность повышения степени уплотнения грунтов земляного полотна автомобильных дорог [Текст] / А.О.Афиногенов // Вестник ТГАСУ. – 2008. – № 1. – С. 161–169.
9. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд/ Минтранс России [Текст]. – М.: Информавтодор, 2001. – 145 с.