УДК 624.1:168.33

Н. М. Герсеванов – пионер применения математической логики в сфере строительства

Игорь Петрович ПРЯДКО, кандидат культурологии, доцент, e-mail: priadcko.igor2011@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337 Москва, Ярославское ш., 26

Аннотация. *В статье анализируются выводы выдающегося русского гидроинженера, основателя отечественной школы механики грунтов Н. М. Герсеванова, сделанные этим ученым в области применения математической логики в строительной механике. В ней показано значение его разработок для развития технических приложений алгебры, логики и математической логики. Язык логики высказываний Н. М. Герсеванова сопоставляется с символическим языком, применявшимся логиком и математиком старой дореволюционной школы И. И. Жегалкиным. Новизна предлагаемого исследования состоит в том, что автор впервые проанализировал логико-математический алфавит, используемый Герсевановым, сравнив его с современной интерпретацией логических констант. Завершает предлагаемое исследование оценка значимости логического поиска Герсеванова для строительной науки. Актуальность статьи заключается в необходимости устранить «белые пятна» в истории отечественного прикладного знания XX в., поставить вопрос о судьбах строительной науки в нелегкий для нее период.*

Ключевые слова: *формальная логика, исчисление высказываний, пропозициональные переменные, Н. М. Герсеванов, строительная механика, электротехника, логика, история логики, философия науки.*

M. N. GERSEVANOV AS A PIONEER IN THE APPLICATION OF MATHEMATICAL LOGIC IN THE FIELD OF CONSTRUCTION

Igor' P. PRYADKO, e-mail: priadcko.igor2011@yandex.ru

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Yaroslavskoe shosse, 26, Moscow 129337, Russian Federation

Abstract. *The article analyzes the conclusions of N. M. Gersevanov, the outstanding Russian hydro-engineer, the founder of the national school of soil mechanics, made by this scientist in the field of mathematical logic in structural mechanics. It shows the importance of his developments for the development of technical applications of algebra, logic and mathematical logic. The language of propositional logics of N.M. Gersevanov is compared with the symbolic language used by I.I. Zhegalkin, the logician and mathematician of the old pre-revolutionary school. The novelty of the proposed study is that the author for the first time analyzed the logical-mathematical alphabet used by Gersevanov, comparing it with the modern interpretation of logical constants. An assessment of the importance of the logical search of N.M. Gersevanov for the construction science completes the proposed study. The relevance of the article is in the need to eliminate the "white spots" in the history of domestic applicative knowledge of the XX century, to raise the question about the fate of the construction science in the period difficult for her.*

Key words: *formal logic, calculus of propositions, propositional variables, N. M. Gersevanov, construction mechanics, electrical engineering, logic, history of logic, philosophy of science.*

Введение

В сфере строительства использование логико-математических исчислений востребовано, по меньшей мере, в двух случаях. Во-первых, посредством методов логической аргументации происходит обоснование предлагаемых архитектором или инженером проектов. Во-вторых, логико-математическая формализация помогает механизировать и упростить процесс расчета сооружений, в короткий срок принять оптимальное решение.

Первые попытки анализировать градостроительные и архитектурные проекты с использованием методов математической логики относятся к 1920-м—1930-м гг. В нашей стране первопроходцем в этом деле стал выдающийся гидростроитель Николай Михайлович Герсеванов, чьи исследования, посвященные применению математики в строительстве, получили широкую известность после Великой Отечественной войны. В предлагаемом исследовании обозначены основные вехи жизни этого знаменитого инженера и теоретика строительной механики; проанализированы примеры формализации его рассуждений посредством языка математической логики; рассмотрены методология, которая была выбрана Н. М. Герсевановым, а также одна из функций логической формализации, связанная с повышением культуры мышления архитектора и строительного инженера.

Сфера применения логико-математических доказательств. История вопроса

Использование наработок формальной логики в 1930-х—1940-х гг., т. е. во временной промежуток, связанный с активной научной деятельностью Герсеванова, оказалось возможно и в сфере архитектуры, и инженерного проектирования. Именно об обосновании устойчивости и прочности гидросооружений мы будем говорить в этой статье. Обращение к теоретическим основам разнообразной практики (а логика есть одна из таких основ) для рассматриваемого десятилетия не было случайным. В стране разворачивались масштабные инженерно-строительные работы по восстановлению разрушенных войной городов, сел, промышленных предприятий. Историки архитектуры окрестили массовое разрушение городов хлестким термином *урбицид* (т. е. *убийство городов*) [1, с. 171—182].

Насущные вопросы архитектуры, строительства, технического проектирования стимулировали поиск как в прикладных областях, так и в областях отвлеченных теорий. И даже в довоенные 1930-е гг., в период, далеко не благоприятный для логических исследований, математическая логика нашла применение в сфере синтеза и анализа релейно-контактных схем. Именно применительно к строительству и электротехнике впервые получило у нас в стране развитие логико-математическое знание. Почти одновременно теория использования логики для анализа и синтеза релейно-контактных схем А-класса разрабатывалась в Японии А. Накишимой и в США К. Шенноном [2, с. 713—722] (о нем см. [3, с. 79]). Возможность применения логики в строительстве и прикладных областях изучалась Н. М. Герсевановым.

Сегодня немало говорится о том, что схемы математической логики, предназначавшиеся главным образом для прикладного применения, стали предварительным этапом создания кибернетики. В этой связи Б. В. Бирюков — известный советский логик XX в. — в 1964 г. отмечал: «К моменту оформления кибернетики логические методы <...> применялись не только в изучении структуры математических теорий и при анализе математических доказательств, но и при анализе теорий и концептов физики и других естественных наук. Ее технические приложения (т. е. прикладное применение — *И. П.*), сначала в форме возникшей еще до появления кибернетики теории контактных электросхем (логико-математическая теория релейно-контактных схем), а затем в рамках теории математических машин и теории автоматов (т. е. в рамках востребованной в технике информатизации — *И. П.*), уже получили соответствующее развитие» [4, с. 44]. Ориентируясь на схему, начертанную историком логики XX в., мы прольем свет на один из ключевых фактов становления строительной логики как прикладной сферы знаний.

На пути к открытиям: вехи жизни Н. М. Герсеванова

Николай Михайлович Герсеванов — высококлассный инженер, специализировавшийся в подземном и гидропроектировании, продолжатель дела своего отца Михаила Николаевича, инженера и фортификатора XIX в., — прославился прикладными техническими разработками [5]. Он впервые обосновал возможность применения логических схем в строительном и инженерном проектировании. Обращением к алгебре логики Герсеванова завершился более чем 20-летний период гонений на эту сферу знаний. В послевоенное время статья по формальной логике и прикладным вопросам ее применения была помещена им в сборник сочинений, изданный в последние годы жизни ученого. Как и его отец, Николай Михайлович разрабатывал не только практические, но и теоретические области строительной механики. Период его деятельности как строительного инженера охватывал годы создания материально-технической базы социализма, годы строительства крупных промышленных предприятий, заложивших основу советской индустрии. Однако начал он свою карьеру во время глубоких социальных потрясений первых десятилетий XX в.

Н. М. Герсеванов был железнодорожным инженером, и его первые проекты связаны со строительством железных дорог. Затем ему было поручено строительство гидрообъектов, набережных и портов. Практическую деятельность Герсеванов сочетал с преподавательской, что и обусловило его интерес к теоретической и прикладной математике, а равно — к математической логике. Еще до революции, в 1904 г., он начал читать лекции в оконченном им Институте инженеров путей сообщения, а в 1907 г. его назначают преподавателем Петербургского политехнического института. Значительным вкладом в строительные науки стал выполненный им в 1914 г. расчет конструкций на сваях с большой свободной линией, нашедший применение в гидростроительстве. Особенно значима для развития отечественной школы механики грунтов работа «Основы динамики грунтовой массы» [6].

В 1930-е гг. Герсеванов основал, а затем бессменно возглавлял НИИ оснований и подземных сооружений, коллектив которого проектировал станции столичной «подземки», цеха «Запорожстали». Позднее как строительный инженер он проектировал гидросооружения канала Москва — Волга, строил комбинат в Кемерове и другие объекты.

В 1940-х—1950-х гг. ученым была опубликована серия теоретических работ, бывших продолжением разработок, начатых еще до революции. В их число входит и статья по формальной логике. Судя по ссылкам в статье, Герсеванову был хорошо знаком труд французского логика и математика Луи Кутюра на языке оригинала, что свидетельствует не только об инженерной, но и неплохой филологической подготовке основателя советской школы механики грунтов.

Язык формальной логики. Методы и принципы исследования

Очертим методы, принятые в настоящем исследовании, а также рассмотрим предпосылки применения логики в градостроительстве и архитектуре. В работе используются методы формальной логики и теории аргументации в целях обоснования устойчивости фундаментов гидросооружений. Для оценки правильности рассуждений, в качестве которых выступают суждения строительной механики, они записываются в виде формул языка логики высказываний. В целях сопоставления выводов отечественных и зарубежных логиков, современного алфавита логики высказываний и формализованного языка, использовавшегося Герсевановым, автором применяется общенаучный метод аналогии. Правильность, или тождественная истинность схем рассуждений, обосновывающих устойчивость сооружений, определяется табличным способом либо путем преобразований. В этой работе представлен последний из указанных способов. В формулах языка данной логики элементарные высказывания, участвующие в рассуждениях, заменены переменными. Герсеванову, видимо, импонировал тот факт, что с высказываниями, записанными языком буквенного исчисления, можно оперировать по правилам, аналогичным правилам элементарной алгебры.

Здесь используется принятый сегодня алфавит языка логики исчисления высказываний, несколько отличающийся от того, вышедшего из употребления языка, к которому вынужден был прибегать Николай Михайлович. В методологической части мы сопоставим эти два языка:

$\neg$ — знак отрицания (вместо него Герсеванов использует штрих над переменной);

$\wedge$ — знак конъюнкции (у Герсеванова этот знак либо выглядит как пропуск знака, либо записывается точкой, т. е. знаком умножения в арифметике);

$\supset$ — знак импликации (Герсеванов использует знак, напоминающий знак больше (меньше), о чем более подробно будет сказано далее);

$\vee$ — знак дизъюнкции (в алфавите алгебры логики Герсеванова записывается как «+»);

$\equiv$ — знак эквивалентности;

[,], (,) — левая и правая скобки;

a, *b*, *c* и др. — пропозициональные переменные, заменяющие элементарные высказывания, входящие в состав простых и сложных высказываний.

Термин «пропозициональная переменная» впервые появился в работах Дж. Буля и А. де Моргана. Системы этих двух математиков считаются исторически первыми моделями логико-алгебраических систем, чем и обусловлено распространение данного понятия, которое происходит от английского *proposition* — «предложение, высказывание». Отсюда будет корректным определение этого логического термина как «переменная для высказываний» [3, с. 77].

Для обозначения правильно построенных формул (определение правильно построенной формулы см. в [7, с. 86]) автор использует метапеременные $\mathfrak{I}$, $\mathfrak{R}$, $\aleph$. Если $\mathfrak{I}$, $\mathfrak{R}$, $\aleph$ — это правильно построенные формулы, тогда высказывания $\overline{\mathfrak{I}}$, $(\mathfrak{R} \wedge \aleph)$, $(\mathfrak{R} \vee \aleph)$, $(\mathfrak{R} \supset \aleph)$, $(\mathfrak{R} \equiv \aleph)$ и им подобные также являются правильно построенными формулами. Мы показали, что аналогом материальной импликации у Герсеванова выступает знак $<$, который введен для обозначения условной связи между высказываниями. Этот знак им интерпретируется как содержательная связь основания и следствия. Например, $A < B$ следует расшифровать как B — необходимое условие для A; A — достаточное условие для B. Если $A < B$ и $B < A$, то A и B суть в отношении эквивалентности (инженер-строитель ставит здесь знак равенства). Это можно пояснить тождественно-истинной формулой

$$[(\mathfrak{I} \supset \mathfrak{R}) \wedge (\mathfrak{R} \supset \mathfrak{I})] \supset (\mathfrak{I} \equiv \mathfrak{R}).$$

Затем Герсеванов через условную связь между суждениями вводит понятие логического нуля и логической единицы. Знак X будет равен логическому нулю, если и только если $0 < X$ и $X < 0$; X равен логической единице, если и только если $X > 1$ и $X < 1$. Здесь знаки постоянных 0 и 1, т. е. отсутствие и наличие некоторого качества, были использованы, как показал в своем исследовании Н. И. Стяжкин, известным немецким логиком И. Ламбертом (1728—1777). Позднее они применялись А. де Морганом и Дж. Булем [8, с. 95—101].

Применение логики в гидростроительстве: обретение языка

В предисловии к своей статье Герсеванов признает, что привлекаемая им формальная логика не принадлежит к числу магистральных тем, которые он затрагивал в главных работах по строительной механике (именно они вошли в сборник его сочинений). И тем не менее для обоснования обращения к алгебре логики, к логическому аппарату автор опирался на следующие, как ему представлялось, весомые аргументы: «Применение этой дисциплины [формальной логики — *И. П.*] позволяет рассчитывать сооружения на устойчивость и прочность в тех случаях, если система не подлежит расчету при помощи строительной механики. В результате расчетов в зависимости от примененной логической схемы могут быть получены результаты с любым запасом устойчивости, почему такие расчеты мы называем условными» [9, с. 76]. Однако расчеты, опирающиеся на системы условных (т. е. импликативных) суждений, приводят к тому, что закладывается запас прочности гораздо выше необходимого и достаточного. Теоретик механики грунтов и практик-гидростроитель, как это видно, в значительной мере вынужден был учитывать требования, которые предъявляла эпоха ускоренного создания социалистической промышленности и послевоенного ее восстановления, т. е. экономию материалов и сокращение сроков возведения объектов. Поэтому в смету должен был закладываться необходимый и достаточный минимальный запас прочности, и без обращения к формально-логическим средствам обоснования запаса прочности здесь было никак не обойтись.

В чем же заключается основной тезис исследователя, служащий отправной точкой для решения строительных задач — задач в прикладной области — средствами алгебры логики? Целью, к которой стремился Герсеванов при использовании формально-логических доводов, стал расчет надежности и устойчивости набережных и портовых сооружений. В тех случаях, когда при расчете невозможно ограничиться применением строительной механики, на практике применяется прием, дополняющий ее методы. В целях оптимизации процесса обоснования могут быть введены условия или предположения, подтверждающие устойчивость рассчитываемого сооружения. Затем, переходя уже к принципиальным схемам применения логики к проектированию фундаментов в гидростроительстве непосредственно, Н. М. Герсеванов исходит из положения: «Расчет, имеющий целью подтвердить устойчивость сооружения, может достигнуть этого лишь образованием логической цепи умозаключений или суждений, а положения строительной механики привлекаются лишь как привходящий элемент, поставляющий материал для составления больших и малых посылок в образуемой цепи суждений наряду с принятыми в расчет условными положениями» [9, с. 129].

Рассмотрим отдельные, наиболее очевидные аспекты применения формул математической логики. Некоторые из приводимых Герсевановым прямых доказательств имеют в качестве цели определение достаточных и необходимых условий устойчивости зданий. Другие прямые доказательства предполагают использование хорошо известных тождественно-истинных формул (тавтологий), в частности закона $A \cdot A = A$, где «·» выступает как знак конъюнкции. Правило идемпотентности ($XX = X$) было сформулировано уже упомянутым Ламбертом, а вслед за ним и британским логиком Дж. Булем, но у последнего это положение алгебры логики не могло иметь, согласно исторической реконструкции Н. И. Стяжкина, характера общезначимости [8, с. 96]. Именно такой закон (но не он один) был использован Герсевановым в его прямых доказательствах.

Фундаментальные законы логики и их формальная интерпретация Н. М. Герсевановым

Используя арифметические знаки сложения и умножения, Герсеванов записывает два других фундаментальных формально-логических закона — закон противоречия и закон исключенного третьего — в виде формул алгебры логики:

$$AA' = 0 \; (32);$$

$$A + A' = 1 \; (33).$$

Объяснение, которое он дает этим формулам, остается вполне традиционным. Формула, имеющая в его статье номер (32), выражает собою следующее положение: «Два суждения A и A' не могут существовать одновременно. Одно из них должно быть ложно» [9, с. 139]. Невозможно, например, чтобы сооружение было устойчивым и неустойчивым в одно и то же время, в одном и том же отношении. Разумеется, изменение условий приводит к изменению и оценки устойчивости сооружения.

Следующая формула (33) выражает закон исключенного третьего. Эта формула расшифрована Герсевановым следующим образом: «Одно из суждений — A либо A' должно быть истинным, и они не могут быть одновременно ложными» [9, с. 139]. Сооружение может быть либо устойчивым, либо неустойчивым, а третьей альтернативы не предусмотрено. В системах логической неклассичности закон исключенного третьего не выполняется. Например, в паранепротиворечивой (параконсистентной) логике Н. А. Васильева A и A' могут быть оба ложными при условии, что значение суждения, выраженного переменной A, неопределенно [10, 11].

Одно из центральных мест у Герсеванова занимает положение о необходимых и достаточных условиях устойчивости сооружений. Из конъюнкции суждений следует истинность каждого из суждений, входящих в конъюнкцию. Поэтому AB есть достаточное условие истинности A или B, а истинность A и B порознь необходимое, но недостаточное условие истинности AB. Объясняя формулу (15), автор пишет: она «выражает, что совместное существование суждений A и B достаточно, чтобы существовало суждение A и суждение B, каждое в отдельности, что понятно без объяснений» [9, с.134]. Выразим эту мысль на языке современной математической логики:

$$\{[(a \wedge b) \supset a] \wedge [(a \wedge b) \supset b]\}.$$

Данная формула является тождественно истинной.

Мы можем считать обоснованным суждение «Данное строение устойчиво», если одновременно будет обосновано множество частных положений о том, что оно устойчиво на опрокидывание, на сдвиг, на отделение части грунта по определенной кривой, на излом свободно лежащей балки в среднем сечении и др. Доказательство истинности конъюнкции данных положений будет равносильно доказательству положения: «Данное строение устойчиво». Герсеванов в этом месте статьи приводит такой пример: «Если через X обозначим суждение “набережная устойчивая”, то через A_1 надо обозначить суждение: «набережная устойчива на сдвиг», через A_2 надо обозначить «набережная устойчива на опрокидывание» и т. д. Для того чтобы убедиться в правильности суждения X, достаточно убедиться в одновременном существовании суждений A_1, A_2, A_3, ... и т. д.» [9, с. 134]. Это положение ученый выражает формулой $X = A_1A_2A_3$, а последняя обозначает собою две других:

$$X < A_1\, A_2\, A_3;$$

$$X > A_1\, A_2\, A_3.$$

Напомню также, что близкий к рассматриваемому ход рассуждений характерен для богослова, естествоиспытателя и математика П. А. Флоренского, правда, у него речь идет об отрицании конъюнкции. В завершающей главе своего научного трактата «Мнимости в геометрии» [12, с. 44] он выражал уверенность в том, что неудача эксперимента Майкельсона-Морли свидетельствует о возможности фальсификации конъюнкции посылок: неверным будет тезис о зависимости скорости света от скорости движения источника, либо следует фальсифицировать концепцию мирового эфира, либо пересмотреть тезис о движении Земли, отвергнув идеи гелиоцентризма и т. п.

Продолжив развивать систему своих аргументов, Герсеванов отмечал, что очень часто факторов устойчивости зданий оказывается довольно много и нет возможности учесть все при обосновании архитектурного проекта. «В отдельных случаях, — подчеркивает он, — число видов разрушений может быть бесконечно большим», и потому «осуществить расчет во всем его объеме практически не предоставляется возможным». И здесь Герсеванов рекомедует ограничиться анализом наиболее вероятных из ожидаемых разрушений. Предотвратить возможные разрушения и разрывы обязаны помочь интуиция и опыт. Именно это обстоятельство делает не только архитектуру, но и инженерное дело как сферой рационального знания, так и искусством.

Косвенные доказательства в статье Герсеванова противопоставляются прямым. В работах по классической формальной логике (Г. А. Левин и В. Ф. Берков [13, с. 272—273], Ю. В. Ивлев [14, с. 202]) одну из разновидностей такого косвенного доказательства определяют как *апагогическое доказательство*. Выдвижение антитезиса обосновываемого положения предусматривает доказательство последнего рода. Посредством установления ложности противоречащего допущения: *«Данное здание не есть устойчивое»* обосновывается прочность строящегося сооружения.

Суждение Герсеванова фальсифицируемо. При опровержении здесь используется схема отрицательного условно-категорического умозаключения:

$$[(a \supset b) \wedge \overline{b}] \supset \overline{a}.$$

Формализация рассуждений: вклад И. И. Жегалкина

Еще до Великой Отечественной войны задача формализации логического следования заинтересовала логика и математика дореволюционного поколения И. И. Жегалкина — представителя московской математической школы, единомышленника Н. Н. Лузина, П. А. Флоренского, Д. И. Егорова. Логик и математик И. И. Жегалкин был автором одной из первых на русском языке работ по теории множеств, а в послереволюционный период областью его интересов стала алгебра логики [15, с. 9—28] (о нем см. [16, с. 31—33]). Используемые Жегалкиным операции в основных своих свойствах аналогичны знакам алгебры логики, применяемым в работах Герсеванова. В качестве таковых Жегалкиным берутся конъюнкция и строгая дизъюнкция.

Исходя из обозначения тождественно-истинного и тождественно-ложного соответственно символами *1* и *0*, Жегалкин объявил свое исчисление алгебраическим. Такова была политическая конъюнктура, властно вторгавшаяся в научное исследование: ввиду гонений на логику, ученый воздерживался определять свое построение как систему логики высказываний. Герсеванов, далекий от сильно идеологизированных философско-логических споров его времени, меньше зависел от ограничений, налагаемых политической конъюнктурой. «Показательно, — пишет современный автор, — что логическое содержание — и прежде всего проблема формализации логического следования — в работе Жегалкина была фактически «зашифрована» его автором, так как в его время занятие формальной логикой было идеологически небезопасно» [16, с. 32].

Через знаки строгой дизъюнкции и конъюнкции Жегалкин обозначает ряд других логических констант. Нестрогой дизъюнкции в данном исчислении соответствует равносильная ей формула $[(a \wedge b) \hat{\vee} a \hat{\vee} b]$. (Напомню определение равносильных формул: выражения или формулы являются равносильными, если таблицы истинности данных формул совпадают при одинаковых логических значениях переменных [13, с.122].)

Тождественность указанных выше таблиц истинности свидетельствует о том, что пропозициональные переменные в формулах имеют между собой одну и ту же логическую связь.

Наконец, отрицание высказывания в формализованном языке Жегалкина выражается при помощи прибавления к формуле единицы (т. е. любой формулы, значение которой тождественно-истинно). Историки логики подчеркивают: «Использовавшийся Жегалкиным базис операций (+, · и 1) был функционально полон и позволял строить полную и непротиворечивую логику предложений, позволявшую формализовать соответствующие дедуктивные процедуры и решить проблему разрешимости для данного фрагмента логики» [16, с. 32]. Вместе с тем математическая символика, используемая Жегалкиным, аналогична тем знакам, которые применял в рассуждениях на строительные темы Герсеванов.

Выводы

1. Предложен анализ одной из первых статей Герсеванова, посвященных применению строительной механики при обосновании устойчивости гидросооружений. Хотя логика уже издавна была объявлена пропедевтикой всех наук и методологической основой деятельности человека, но только в XX в. эта идея приобрела зримые очертания. Внедрению информатизации в различные сферы человеческого знания и деятельности предшествовала практика использования схем формальной логики в электротехнике и строительстве. Автор публикуемой здесь статьи убежден, что логико-математические изыскания Герсеванова должны послужить примером для современных инженеров и архитекторов.

2. Логические опыты Герсеванова не получили отклика у современников. Только в 1960-х—1970-х гг. синтез логики и техники был реализован в виде теории автоматов и счетно-решающих устройств. Логические исследования вышли на качественно новый уровень. Правда, историю отечественной кибернетики многие авторы начинают с семинара А. А. Ляпунова, умалчивая о ее предыстории, начавшейся с логико-математических разработок Герсеванова и Шестакова. Но обсуждение более позднего периода развития логико-математических теорий, происходивших в том числе и в лоне кибернетики, не входит в задачу этой работы.

3. Статья Герсеванова разорвала «заговор молчания» вокруг математической логики, которая научным официозом объявлялась несовместимой с диалектическим материализмом. Трудно в данном случае не согласиться с мнением эксперта по обсуждаемому вопросу проф. Б. В. Бирюковым, который отмечал: «Научным направлениям логической мысли была в “директивном” порядке противопоставлена так называемая диалектическая логика — учение, представлявшее собой, по сути дела, иное название для диамата, т. е. марксистского гегельянства» [17, с. 9].

4. Благодаря исследованиям гидростроителя Герсеванова, а также электротехника В. И. Шестакова, математическая логика прочно вошла в структуру прикладных изысканий, в том числе в области строительства и архитектуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Schloegel K.* Urbizid: Europeische Staedte im Krieg // Stadt und Offentlichkeit in Ostmitteleuropa 1900 — 1939. Beitrage zur Entstehung moderner Urbanitat. Marjampole oder Europas Wiederkers aus dem Geist der Staedte [Урбицид: Европейские города в период войны. Город и публика в Восточной Европе. Вклад в становление современного урбанизма]. Wien, 2005. S. 171—182.
2. *Shannon C.* Symbolic analysis of relay and switching circuits [Символический анализ релейных и переключательных схем] // Trans of Amer. Institute of Electric Engineers. 1938. Vol. 57. Pp. 713–722.
3. *Бирюков Б. В.* [и др.]. Жар холодных числ и пафос логики. М. : Едиториал, 2004. 232 с.
4. *Бирюков Б. В.* Логико-математические аспекты те-

ории автоматов // Научные доклады высшей математической школы. Философские науки. 1964. № 5. С. 44–52.
5. *Будтолаев Н. М.* Российский теоретик портовой гидротехники М. Н. Герсеванов. К 120-летию со дня рождения. М. : Машстройиздат, 1950. 24 с.
6. *Герсеванов Н. М.* Основы динамики грунтовой массы. М.-Л.: ОНТИ, 1937. 196 с.
7. *Бочаров В. А., Маркин В. И.* Введение в логику. М. : Инфра-М, 2008. 560 с.
8. *Стяжкин Н. И.* К характеристике ранней стадии в развитии идей математической логики // Философские науки. 1958. № 3. С. 95–101.
9. *Герсеванов Н. М.* Применение математической логики к расчету сооружений // *Герсеванов Н. М.* Собр. соч. М.: Стройвоенмориздат, 1948. Т. 1. С. 123–204.
10. *Васильев Н. А.* Логика и металогика // Логос. Кн. 1-2. М. : тип. А. Левинсона, 1912. С. 53–81.
11. *Васильев Н. А.* Воображаемая логика. М. : Изд. МГУ, 1989. 264 с.
12. *Флоренский П. А.* Мнимости в геометрии. М. : Лазурь, 1991. С. 44.
13. *Левин Г. А., , Берков В. И., Бартон В. Ф.* [и др.]. Логика. Минск : БГУ, 1974. 336 с.
14. *Ивлев Ю. В.* Логика. М. : Наука, 1994. 284 с.
15. *Жегалкин И. И.* О технике вычисления предложений в символической логике // Логико-математический сборник. Т. 34. М., 1927. Вып. I. С. 9–28.
16. *Шуранов Б. М.* Иван Иванович Жегалкин: вклад в математическую логику // Вестник Международного славянского университета. 1998. № 4. С. 31–33.
17. *Бирюков Б. В.* О судьбах психологии и логики в России периода «войн и революций» // Вестник Международного Славянского университета. 1998. Вып. 4. С. 7–13.

R E F E R E N C E S

1. Schloegel K. Urbizid: Europeische Staedte im Krieg // *Stadt und Offentlichkeit in Ostmitteleuropa 1900 — 1939. Beitrage zur Entstehung moderner Urbanitat. Marjampole oder Europas Wiederkers aus dem Geist der Staedte*. Wien, 2005. S. 171–182.
2. Shannon C. Symbolic analysis of relay and switching circuits. *Trans of Amer. Institute of Electric Engineers*, 1938, vol. 57, pp. 713–722.
3. Biryukov B.V., Trostnikov V.N. *Zhar kholodnykh chisl i pafos besstrastnoi logiki* [*Heat of cold numbers and pathos of logic*]. Moscow, Editorial, 2004. 232 p. (In Russian).
4. Biryukov B. V. Logic-mathematical aspects of the theory of automata. *Nauchnye doklady vysshei matematicheskoi shkoly. Filosofskie nauki*, 1964, no. 5, pp. 44–52. (In Russian).
5. Budtolaev N.M. *Vydayushchiisya teoretik portovoi gidrotekhniki M. N. Gersevanov* [Outstanding theorist of port hydraulic engineering M. N. Gersevanov*]*. Moscow, Mashstrojizdat Publ., 1950. 24 p. (In Russian).
6. Gersevanov N. M. *Osnovy dinamiki gruntovoi massy* [Fundamentals of dynamics of ground mass]. Moscow – Leningrad, ONTI Publ., 1937. 196 p. (In Russian).
7. Bocharov V. A., Markin V. I. *Vvedenie v logiku* [Introduction to logic]. Moscow, Infra-M Publ., 2008. 560 p. (In Russian).
8. Styazhkin N. I. To characterize the early stage in the development of ideas of mathematical logic. *Filosofskie nauki*, 1958, no. 3, pp. 95–101. (In Russian).
9. Gersevanov N.M. Application of mathematical logic to the calculation of structures. *Gersevanov N. M. Sobr. soch*. Moscow, Stroivoenmorizdat Publ., 1948, vol. 1, pp. 123–204. (In Russian).
10. Vasil'ev N. A. Logic and methalogic. *Logos*, vol. 1-2, Moscow, A. Levinsona Publ., 1912, pp. 53–81. (In Russian).
11. Vasil'ev N. A. *Voobrazhaemaya logika* [Imaginary logic]. Moscow, MGU Publ., 1989. 264 p. (In Russian).
12. Florenskii P. A. *Mnimosti v geometrii* [Imaginary geometry]. Moscow, Lazur' Publ., 1991. p. 44. (In Russian).
13. Levin G. A., Berkov V. I., Barton V. F., et al. *Logika* [Logic]. Minsk, BGU Publ., 1974. 336 p. (In Russian).
14. Ivlev Ju. V. *Logika* [Logic]. Moscow, Nauka Publ., 1994. 284 p. (In Russian).
15. Zhegalkin I. I. A technique for calculating the proposals in symbolic logic. *Mathematical collection*, iss. 34, Moscow, 1927, vol. I, pp. 9–28. (In Russian).
16. Shuranov B. M. Ivan Ivanovich Zhegalkin: contribution to mathematical logic. *Vestnik Mezhdunarodnogo slavyanskogo universiteta*, 1998, vol. 4, pp. 31–33. (In Russian).
17. Birjukov B. V*.* On the fate of psychology and logic in Russia during the period of "wars and revolutions". *Vestnik Mezhdunarodnogo Slavjanskogo universiteta*, 1998, vol. 4, pp. 7–13. (In Russian).

Для цитирования: *Прядко И. П.* Н. М. Герсеванов — пионер применения математической логики в сфере строительства // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 7. С. 72—78.

For citation: Pryadko I. P. M. N. Gersevanov as a Pioneer in the Application of Mathematical Logic in the Field of Construction. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2018, no. 7, pp. 72—78.