

РЕЖИСУРА ТА ЗВУКОРЕЖИСУРА ТЕЛЕБАЧЕННЯ

УДК 7.097:681.841

Ананьєв Анатолій Борисович,

<https://orcid.org/0000-0002-9005-3135>

кандидат технічних наук,

Київський національний університет

культури і мистецтв

Київ, Україна

Барба Ігор Давидович,

<https://orcid.org/0000-0002-1707-3244>

Заслужений діяч мистецтв України,

старший викладач кафедри кіно-, телемистецтва

факультету кіно і телебачення,

Київський національний університет

культури і мистецтв,

Київ, Україна

igorbarba1@gmail.com

Желєзняк Серафим Володимирович,

<https://orcid.org/0000-0002-9430-0527>

аспірант,

Київський національний університет

культури і мистецтв,

Київ, Україна

tritonische@gmail.com

СУТНІСТЬ ТА СПЕЦИФІКА ВПРОВАДЖЕННЯ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СТАНДАРТУ R128 НА ТЕЛЕБАЧЕННІ ТА У РАДІОМОВЛЕННІ

Мета дослідження – розкрити особливості стандарту R128 та вказати на його значення для вирішення художніх завдань звукорежисера телебачення і радіо. **Методологія дослідження.** Для виконання поставленої мети було застосовано наступні методи: аналіз і синтез – для виокремлення певних частин загальної проблеми, їх вивчення та конструювання повного уявлення про предмет дослідження; комплексний підхід – для цілісного та різнобічного висвітлення теми, зокрема, з точки зору звукорежисерської практики та ролі предмету статті в ній та з точки зору акустичних особливостей, що є основою стандарту R128, та їх впливу на роботу звукорежисера; історичний метод – для характеристики розвитку способів вимірювань аудіо сигналу. **Наукова новизна.** У вітчизняній науці вперше ґрунтовно аналізується сутність нещодавно опублікованого європейського стандарту R128 для теле-, радіомовлення, котрий нормує перелік звукових характеристик, серед яких середній звуковий рівень, або гучність програми як зазначають автори

стандарту; під новим кутом зору розкриваються особливості його функціонування, що базуються на загальних законах акустики, специфіка впровадження стандарту, роль у творчій роботі звукорежисера під час створення саундтреків до телевізійних фільмів та програм. **Висновки.** У цій роботі описується перелік деталей, пов'язаних із впровадженням рекомендацій R128, що були розроблені для вимірювання рівня запису звуку для теле-, радіомовлення. Проаналізовано останні дослідження і публікації, пов'язані зі стандартом R128 та які надають певні відомості про нього. Розглянуто передумови появи зазначеного стандарту, подано характеристики різних типів вимірювальних приладів, що використовувались раніше, підкреслено їх вплив на створення звукової доріжки до телевізійного фільму й передачі, обґрунтований прикладами з практики. Також у цій роботі наведено приклади недоліків у вимірюванні звуку на телебаченні, радіо, що мали місце дотепер. У статті показані основні характеристики стандарту R128, їх зв'язок із людським сприйняттям і психоакустичними чинниками.

Ключові слова: звукорежисер, стандарт R128, телебачення, радіо, гучність програми, Loudness Units, EBU, ITU-R.

Ананьев Анатолий Борисович, кандидат технических наук, Киевский национальный университет культуры и искусств, Киев, Украина

Барба Игорь Давидович, Заслуженный деятель искусств Украины, старший преподаватель кафедры кино-, телеискусства факультета кино и телевидения, Киевский национальный университет культуры и искусств, Киев, Украина

Железняк Серафим Владимирович, аспирант, Киевский национальный университет культуры и искусств, Киев, Украина

Сушность и специфика внедрения европейского стандарта R128 на телевидении и в радиовещании

Цель исследования – раскрыть особенности стандарта R128 и указать на его значение для решения художественных задач звукорежиссера телевидения и радио. **Методология исследования.** Для выполнения поставленной цели были использованы следующие методы: анализ и синтез – для выделения определенных частей общей проблемы, их изучения и конструирования полного представления о предмете исследования; комплексный подход – для целостного и разностороннего освещения темы, в частности, с точки зрения звукорежиссерской практики и роли предмета статьи в ней и с точки зрения акустических особенностей, составляющих основу стандарта R128, и их влияния на работу звукорежиссера; исторический метод – для характеристики развития способов измерения аудио сигнала. **Научная новизна.** В отечественной науке впервые основательно анализируется суть недавно опубликованного европейского стандарта R128 для теле-, радиовещания, который нормирует перечень звуковых характеристик, среди которых средний звуковой уровень, или громкость программы, как отмечают авторы стандарта; под новым углом зрения раскрываются особенности его функционирования, основанные на общих законах акустики, и специфика внедрения стандарта, роль в творческой

работе звукорежиссера при создании саундтреков к телевизионным фильмам и программам. **Выводы.** В этой работе описывается перечень деталей, связанных с внедрением рекомендаций R128, разработанных для измерения уровня записи звука для теле-, радиовещания. Проанализированы последние исследования и публикации, связанные со стандартом R128 и которые предоставляют определенные сведения о нем. Рассмотрены причины возникновения указанного стандарта, представлены характеристики различных типов измерительных приборов, использовавшихся ранее, подчеркнута их влияние на создание звуковой дорожки к телевизионному фильму и передаче, обоснованное примерами из практики. Также в этой работе приведены примеры недостатков в измерении звука на телевидении, радио и в кино, имевших место до сих пор. В статье показаны основные характеристики стандарта R128, их связь с человеческим восприятием и психоакустическими факторами.

Ключевые слова: звукорежиссер, стандарт R128, телевидение, радио, громкость программы, Loudness Units, EBU, ITU-R.

Ananiev Anatolii, PhD in Technical Sciences, Kyiv National University of Culture and Arts, Kyiv, Ukraine

Barba Ihor, Honored Art Worker of Ukraine, Senior Lecturer of the Cinema and Television Arts Department of the Film and Television Faculty, Kyiv National University of Culture and Arts, Kyiv, Ukraine

Zheliezniak Serafym, Postgraduate Student, Kyiv National University of Culture and Arts, Kyiv, Ukraine

The essence and specificity of european standard R128 implementation on television and in radio broadcasting

Main objective of the study is to reveal the features of the R128 standard and indicate its significance for solving artistic issues of the sound mixer on the television and radio. **Research methodology.** To accomplish this goal, the following methods were used: analysis and synthesis – to isolate certain parts of the general problem, study them and construct a complete picture of the subject of the study; a complex approach for the holistic and versatile coverage of the topic, in particular, from the point of view of the sound worker's practice and the role of the subject matter of the article in it, and from the point of view of the acoustic features that form the basis of the standard R128, their influence on the work of the sound mixer; historical method – to characterize the development of methods for measuring the audio signal. **Scientific novelty.** In domestic science, for the first time, a thorough analysis of the essence of the recently published European R128 standard for television, radio broadcasting have conducted, which normalizes the list of sound characteristics, among which the average sound level, or the volume of the program, as the authors of the standard note; under a new angle of view the peculiarities of its functioning based on the general laws of acoustics, and the specifics of the introduction of the standard, the role in the creative work of the sound mixer when creating soundtracks for television films and programs are revealed. **Results and conclusions.** This work describes the list of details related to the implementation of the recommendations of R128, which were developed to measure the level of sound recording for television

and radio broadcasting. The latest research and publications related to the R128 standard, which provide some information about it, are analyzed. The preconditions of the appearance of the specified standard are considered, the characteristics of various types of measuring instruments used earlier are presented, their influence on the creation of a sound track for television films and shows is underlined, substantiating by examples from practice. Also examples of shortcomings in the measurement of sound on television, radio and cinema, which have taken place so far is given in this work. The article shows the main characteristics of the R128 standard, their connection with human perception and psychoacoustic factors.

Key words: *sound mixer, R128 standard, television, radio, program loudness, Loudness Units, EBU, ITU-R.*

Вступ. У серпні 2011 р. Європейський Мовний Союз (European Broadcasting Union, EBU) оприлюднив рекомендації R128 «Нормування гучності й максимально припустимий рівень аудіосигнала». Цей стандарт мав на меті за допомогою встановлення таких звукових показників, як, наприклад, середнього рівня програми, зробити перегляд телевізійних фільмів і передач, прослуховування радіо більш комфортним для споживачів (без різких перепадів за гучністю між програмами або телеканалами). У нашій країні для багатьох фахівців в сфері звукових технологій дотепер ці рекомендації залишаються маловідомими, в той час, як на заході вважають запропоновані в рекомендаціях зміни революційними. Однак і сьогодні цей стандарт у багатьох випадках породжує неточності в розумінні зацікавлених людей.

Отже, актуальність цієї статті обумовлюється необхідністю надання пояснень і коментарів до документації, сподіваючись, що вони полегшать практичну діяльність звукорежисерів під час створення теле-, радіопродукції, коли виникає потреба у взаємодії з цим стандартом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основоположним для нової технології є пакет з 5 документів, 4 з яких розроблені Європейською мовним союзом (European Broadcasting Union – EBU). У ньому представлена і Україна – членами Союзу з 1993 р. є Національна телекомпанія України та Національна радіокомпанія України. П'ятий документ належить Міжнародному союзу електрозв'язку (International Telecommunication Union – ITU, ITU-R – сектор радіозв'язку цього союзу), з яким також співпрацюють відповідні українські організації.

Провідним документом в пакеті є так звані «Рекомендації» R 128 – “Loudness normalisation and permitted maximum level of audiosignals” (Нормалізація гучності й максимально допустимий рівень аудіосигналів), випуск від серпня 2011 р., також доступна версія, перевірена у 2014 р. (European Broadcasting Union, 2014).

Положення цих Рекомендацій роз'яснюються в таких документах:

- ТЕСН 3341 “Loudness Metering: EBU Mode metering to supplement loudness normalisation in accordance with EBU R128” (Вимірювання гучності: Вимірювання в «Режимі EBU» на додаток до нормалізації гучності у відповідності до EBU R128), випуск від серпня 2011 р.;
- ТЕСН 3342 “Loudness Range: A measure to supplement loudness normalisation

- in accordance with EBU R128” (Діапазон гучності: Вимірювання на додаток до нормалізації гучності відповідно до EBU R128) випуск від серпня 2011 р.;
- TECHN 3343 “Practical guidelines for Production and Implementation in accordance with EBU R128” (Практичний посібник з реалізації та впровадження відповідно до EBU R128), випуск від серпня 2011 р.;
 - TECHN 3344 “Practical guidelines for distribution systems in accordance with EBU R128” (Практичні вказівки для систем поширення відповідно до EBU R128), випуск від жовтня 2011 р.;
 - Recommendation ITU-R BS.1770-3 “Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audiolevel” (Алгоритми вимірювання гучності звукових програм та істинного пікового рівня звукового сигналу), випуск від серпня 2012 р.

Дати вказані для найбільш свіжих випусків станом на січень 2013 р., але варто зазначити, що станом на червень 2018 р. EBU та ITU-R опублікували останні редакції зазначених документів, створені у 2014-2016 рр. (EBU 2011; EBU 2016a; EBU 2016b; International Telecommunication Union 2017). Переклад текстових елементів українською мовою в окремих деталях відрізняється від того, що вже зустрічається в літературних джерелах і, на наш погляд, краще відповідає тексту англійського оригінала.

Документи EBU посилаються на більш ранню версію ITU-R BS.1770-2 від березня 2011 р. Проте різниця в цих версіях документу ITU полягає переважно в стилістичних правках і лише при описі алгоритма вимірювання істинного пікового рівня в тексті зроблені деякі вилучення.

З’являються дослідження, пов’язані зі стандартом R128. Зокрема, Ф. Бегнерт, Х. Екман і Дж. Берг опублікували матеріали експериментів, що мали на меті виявити схожість або розбіжність сприйняття людиною гучності та показників приладів вимірювання за алгоритмами стандарту EBU (Begnert, Ekman, and Berg, 2011). Інший автор досліджував алгоритми вимірювання діапазону гучності (Loudness Range) (Skovenborg, 2012). Проте немає роботи, що б у повній мірі висвітлювала специфіку впровадження та пояснювала пов’язані з цим стандартом неточності та часті помилки.

Мета дослідження – розкрити особливості впровадження стандарту R128 та вказати на його значення для вирішення художніх завдань звукорежисера телебачення і радіо.

Завдання дослідження:

- проаналізувати останні публікації й документацію, пов’язану з темою статті;
- вивчити процес еволюції вимірювачів та способів вимірювань аудіосигналу, що використовувались у теле-, радіовиробництві;
- дослідити основні параметри стандарту R128, його вплив на роботу звукорежисера на телебаченні і радіо та зв’язок із психоакустичними факторами.

Виклад основного матеріалу. Як зазначали у своїх стандартах організації EBU й ITU-R, глядачі та слухачі (у випадку радіо) скаржилися

на перепади гучності між програмами і різними телеканалами (EBU, 2014; ITU-R, 2017). Для цього було розроблено рекомендації для унормування середнього рівня програм, що дало б змогу уникнути неприємних вражень під час перегляду телебачення чи прослуховування радіо.

Ще в середині 80-х рр. минулого сторіччя не було проблем з рівнями сигналу під час запису звуку в кіно та на телебаченні. Запис звуку тоді був аналоговим, а індикаторами рівня на микшерних пультах і магнітофонах були VU-Метри (волюметри). Стандартний VU-meter з'явився наприкінці 30-х рр. XX ст. в США, а "VU" означає "Volume Units" (від англ. – одиниці гучності). Такі індикатори спеціально розраховані на те, щоб реагувати на середній рівень звуку теле-, радіопередачі. Час інтеграції VU-Метрів (властивість індикатора рівня реагувати на звукові сигнали малої довжини) у США було 200 мсек.

З настанням ери цифрових технологій, стало зрозуміло, що VU-Метри мало придатні для цифрового запису звуку. Ці індикатори не реагують на максимальні, але короточасні пікові значення рівня запису (тривалістю 5-10 мсек.), тобто різниця в показниках між VU та PPM-метрами може сягати 10dB (Flowers, 2012, p. 828). Під час аналогового запису це було не критично, тому що магнітна стрічка здатна до «м'якого» лімітування й може витримувати перемодуляцію у 9-10dB, тоді як у цифровому запису найменше перевищення максимально можливого рівня звукового сигналу (0dBFs – Clipping Level) неприпустимо – це викликає спотворення у вигляді хрипів і клацань.

У 1990-ті рр. в практику звукозапису на телебаченні увійшли індикатори з часом інтеграції 5мсек. Такі прилади одержали назву QPPM (Quasi-Peak Programme Meter). Вони здатні більш точно реагувати на короточасні пікові рівні звукового сигналу.

У 2000-ті рр. виникає певна плутанина в узгодженні показань індикаторів аналогового й цифрового устаткування. Суперечки точилися, головним чином, навколо установочного рівня для цифрового сигналу. На цифро-аналогових перетворювачах з метою мовлення в Європі, зазвичай, було встановлене співвідношення 0 dBu (0,775V), що відповідає -18dBFs (Flowers, 2012, p. 828). При цьому рекомендований EBU максимально припустимий рівень цифрового сигналу -9 dBFs. Проміжок від -18 dBFs до -9 dBFs і є практичним запасом щодо перевантаження (Headroom).

Здавалося б, що це вирішує проблеми, й усі телепрограми й телефільми повинні викликати приблизно однакове суб'єктивне сприйняття гучності. Однак нормування тільки максимально припустимого рівня цифрового сигналу недостатньо для вирівнювання суб'єктивної гучності різних програм. Має значення частотний і спектральний склад звуку, пікфактор – відмінність піків програми від середнього значення рівня, ступінь компресії звукового сигналу.

У 2005 р. один з авторів (І. Барба) працював звукорежисером на студії «Ілюзіон-фільмз» в серіалі «Побічні докази» (реж. В. Криштофович). У телевізійному фільмі використовувався тільки чистовий звук, тобто звук записаний безпосередньо на знімальному майданчику. Багато часу при монтажі пішло на чистку і частотне вирівнювання звучання всіх фонограм.

На той момент технічні вимоги до звуку були наступні: максимально допустимий рівень сигналу -18 dBFS, мінімальний рівень -45 dBFS, Допускалося зниження мінімального рівня на 5 dB (до -50 dBFS), якщо воно не перевищувало за часом 3 секунди. Динамічний діапазон реплік був зовсім невеликим – близько 10 dB.

У цьому фільмі було багато сцен, де нам потрібно створити «дзвінку» тишу. Це були і нічні епізоди, і сцени в інтер'єрах, де не передбачалися активні фонові шуми. У висновку ВТК були вказані епізоди з рівнем звуку нижче -45 dBFS тривалістю більше 3 секунд. Це кваліфікувалося як брак по звуку і до ефіру фільм не допускався.

Зрештою вихід було знайдено. У проблемних сценах кожні три секунди вставлявся якийсь звук, щоб підняти рівень на -3 дБ (це був крик півня, скрип гілок, нічний птах та ін.). Крім того, за висновком ВТК, в деяких епізодах максимальний рівень звуку за показниками приладу з часом інтеграції 5 мсек. був на 1 dB вище норми (тобто -17 dBFS). При остаточному зведенні звуку було трохи піднято за рівнем тихі місця, поставлено на виході дуже жорсткий лімітер з точкою спрацьовування $-18,5$ dBFS.

Щоб ще більше перестраховатися, також під час зведення було виставлено час інтеграції приладу індикації трохи менше, ніж передбачалося – замість 5 мсек було 2 мсек. Чим менше час інтеграції приладу, тим вище на ньому показання максимального рівня. Якщо на індикаторі показники не будуть перевищувати $-18,5$ dBFS, то у ВТК на приладі з часом інтеграції 5 мсек перемодуляції не буде точно. Ці проблеми і сьогодні знайомі багатьом звукорежисерам, які стикаються з ВТК різних телеканалів.

Дій в 2006 р. рекомендація EBU R128 всього цього не потрібно було робити. Коли передбачається нормалізувати не пікові значення, а середній рівень гучності (Program Loudness) у звукорежисера з'являється значно більше можливостей для розширення динамічного діапазону програми або телевізійного фільму.

Одним з базових понять, що належать рекомендаціям R128, є одиниця «виміру» гучності Loudness Unit (LU), щодо якої заявлена відповідність $1LU=1dB$ (ITU-R, 2017). Рівність «1 одиниця гучності дорівнює 1 децибелу» породжує ілюзію, що гучність звуку вимірюється в децибелах. Суб'єктивна гучність чутного сигналу характеризується одиницями, які називаються «сон». Рівні гучності чутного сигналу вимірюються у фонах. Мабуть, така невідповідність у термінах ні в якому разі не може бути викликана недостатньою підготовкою фахівців European Broadcasting Union, і вважаємо, що цьому є більш прості причини. Рис. 1. зображує різницю (різні позиції в тракту звукопередачі) між показниками аудіосигналу в записі та гучності відтворення, що залежить також і від налаштувань глядачем тракту.

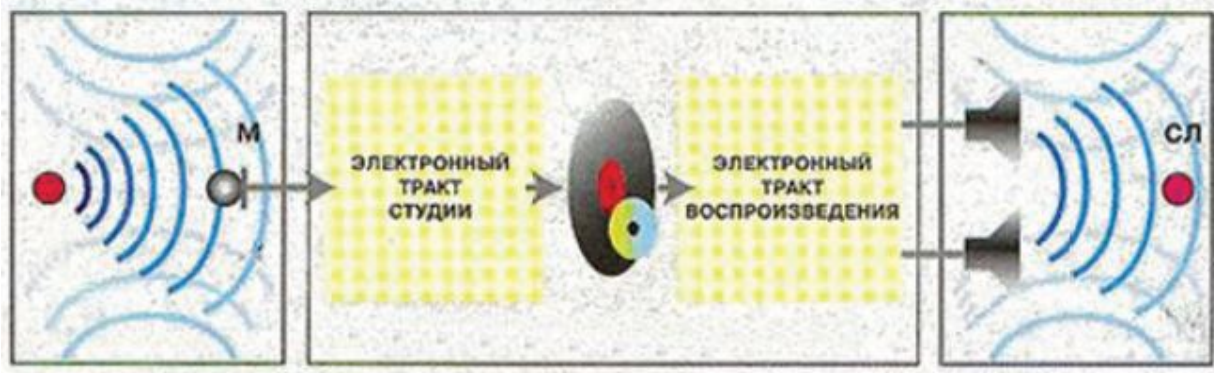


Рис. 1. Схема тракту запису-відтворення

Необхідно зазначити, що сам підхід до вимірювання середнього рівня програми запровадила організація ITU-R у 2010 р., детально описавши алгоритми (ITU-R, 2017); також в цих рекомендаціях було впроваджено і термін LK, згодом трансформований Європейським мовним союзом у LU. Спеціалісти зі звуку навіть ще до оприлюднення стандарту R128 пропонували на основі аналізу показників 50 телеканалів такі значення: -21LKFS для середнього рівня програми та -5dBFS як максимальний рівень для піків (Grimm, Van Everdingen, and Schöpping, 2010), проте EBU обрало, як відомо, -23LUFS для середнього рівня і -1dBTP як максимальне значення істинних піків (True Peak).

Сьогодні, коли у звукорежисера з'явилися необмежені можливості впливати на динаміку звукового сигналу за рахунок компресування, а точніше перекомпресування фонограми, можна значно збільшити суб'єктивне сприйняття гучності, не порушуючи ніяких технічних вимог. Особливо цим зловживають творці музичних шоу та реклами. Продюсерам часто здається, ніби якість програми й гучність це синоніми – чим гучніше, тим краще. Впровадження рекомендацій EBU R128 надасть змогу вирівняти гучність між різними програмами не тільки в середині одного телеканалу, але й між різними телеканалами.

Наукова новизна. У працях українських науковців проблема появи та особливостей впровадження стандарту R128 ще не досить розроблена, особливо з точки зору його впливу на художню роботу звукорежисера, хоча й питання уніфікації значень середнього рівня фільмів, теле-, радіопрограм сьогодні є нагальним. У цій статті під новим кутом подані передумови створення досліджуваного стандарту, еволюцію вимірювачів звукового сигналу. Також певною новизною характеризується виклад особливостей вирішення звукорежисером творчих завдань під впливом стандартизованих вимог до вимірювання аудіо для теле-, радіомовлення.

Ця стаття призначена для звукорежисерів-професіоналів і студентів спеціалізації «Звукорежисура», яким доведеться мати справу з цим стандартом.

Висновки. У роботі висвітлено питання, пов'язані з вимірювання рівня запису звуку для програм на телебаченні і радіо за європейським стандартом

R128. Вивчено актуальні дослідження та публікації за визначеною темою. Розглянуто передумови появи зазначеного стандарту, характеристики різних типів вимірювачів, що використовувались раніше. Викладено особливості стандарту R128, окреслено його вплив на творчу роботу звукорежисера під час створення звукових доріжок для телевізійних фільмів, радіопередач. Перспективи подальших розвідок можуть бути пов'язані з детальним вивченням функціонування R128 або з порівнянням, дослідження відмінностей, переваг і недоліків інших стандартів та вимог.

Бібліографічні посилання

1. Begnert F., Ekman H., Berg J. Difference Between the EBU R-128 Meter Recommendation and Human Subjective Loudness Perception. *Audio Engineering Society Convention 131* : [online], 2011. October. URL: <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=16015>. (accessed: 10.06.2018).

2. EBU-Tech 3341. Loudness metering: “EBU mode” metering to supplement EBU R 128 loudness normalization: supplementary information for R 128; version 3.0 / EBU : [pdf]. Geneva, 2016a. URL: <https://tech.ebu.ch/docs/tech/tech3341.pdf>. (accessed: 10.06.2018).

3. EBU-Tech 3342. Loudness range: a measure to supplement EBU R 128 loudness normalization: supplementary information for R 128; version 3.0 / EBU : [pdf]. Geneva, 2016b. URL: <https://tech.ebu.ch/docs/tech/tech3342.pdf>. (accessed: 10.06.2018).

4. EBU-Tech 3343. Practical guidelines for Production and Implementation in accordance with EBU R 128: Supplementary information for EBU R 128; Status: Version 2.0 : [pdf]. Geneva, 2011. URL: <https://tech.ebu.ch/docs/tech/tech3343-v2.pdf>. (accessed: 10.06.2018).

5. Flowers B. Intercity Links and Switching Centres / ed. EPJ Tozer. *Broadcast Engineer's Reference Book*. CRC Press. 2012. pp. 819–836.

6. Grimm E. M., Van Everdingen R., Schöpping M. J. L. C. Toward a Recommendation for a European Standard of Peak and LKFS Loudness Levels. *SMPTE Motion Imaging Journal*, 2010. Vol. 119. Issue 3. pp. 28–34. DOI: 10.5594/J11396.

7. R 128. Loudness normalisation and permitted maximum level of audiosignals / EBU : [pdf]. Geneva, 2014. URL: <https://tech.ebu.ch/docs/r/r128.pdf>. (accessed: 10.06.2018).

8. Recommendation BS.1770-4 (10/2015): Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level. Approved in 2015-10-14 / ITU-R : [pdf]. Geneva, 2017. URL: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.1770-4-201510-I!!PDF-E.pdf. (accessed: 10.06.2018).

9. Skovenborg E. Loudness Range (LRA) – Design and Evaluation. *Audio Engineering Society Convention 132* : [online], 2012. URL: <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=16254>. (accessed: 10.06.2018).

References

1. Begnert, F., Ekman, H. and Berg, J. (2011). Difference Between the EBU R-128 Meter Recommendation and Human Subjective Loudness Perception. *Audio*

Engineering Society Convention 131, October. [online] Available at: <<http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=16015>> [Accessed 10 June 2018].

2. EBU-Tech 3341, (2016a). *Loudness metering: 'EBU mode' metering to supplement EBU R 128 loudness normalization: supplementary information for R 128; version 3.0.* [pdf] Geneva. Available at: <<https://tech.ebu.ch/docs/tech/tech3341.pdf>> [Accessed 10 June 2018].

3. EBU-Tech 3342, (2016b). *Loudness range: a measure to supplement EBU R 128 loudness normalization: supplementary information for R 128; version 3.0.* [pdf] Geneva. Available at: <<https://tech.ebu.ch/docs/tech/tech3342.pdf>> [Accessed 10 June 2018].

4. EBU-Tech 3343, (2011). *Practical guidelines for Production and Implementation in accordance with EBU R 128: Supplementary information for EBU R 128; Status: Version 2.0.* [pdf] Geneva. Available at: <<https://tech.ebu.ch/docs/tech/tech3343-v2.pdf>> [Accessed 10 June 2018].

5. Flowers, B. (2012). Intercity Links and Switching Centres. V: E.P.J. Tozer, ed. *Broadcast Engineer's Reference Book*. CRC Press, pp. 819–836.

6. Grimm, E.M., Van Everdingen, R. and Schöpping, M.J.L.C. (2010). Toward a Recommendation for a European Standard of Peak and LKFS Loudness Levels. *SMPTE Motion Imaging Journal*, Vol. 119, Issue 3, pp. 28–34. DOI: 10.5594/J11396.

7. R 128, (2014). *Loudness normalisation and permitted maximum level of audio signals.* EBU : [pdf]. Geneva. Available at: <<https://tech.ebu.ch/docs/r/r128.pdf>> [Accessed 10 June 2018].

8. Recommendation BS.1770-4. (2017). *Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level.* Approved in 2015.10.14. ITU-R. [pdf]. Geneva. Available at: <https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.1770-4-201510-I!!PDF-E.pdf> [Accessed 10 June 2018].

9. Skovenborg, E. (2012). Loudness Range (LRA) – Design and Evaluation. *Audio Engineering Society Convention 132*, April. [online] Available at: <<http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=16254>> [Accessed 10 June 2018].

© Ананьєв А. Б., 2018

© Барба І. Д., 2018

© Желєзняк С. В., 2018

Стаття надійшла до редакції 20.06.2018